Einleitung in die Physik.

Unter Zugrundlegung

von

Leonhard Euler's 'Briefen an eine deutsche Prinzessin
über verschiedene Gegenstände der Physik'

bearbeitet.

Mit einem Supplement

über die

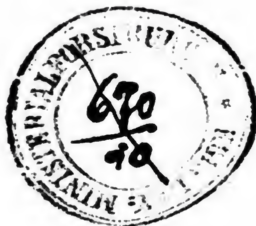
neuesten Ergebnisse und Bereicherungen der Physik

von

Dr. Joh. Müller,

Pro[illegible]iversität zu Freiburg im Br.

In drei Theilen.



Stuttgart,
J. B. Müller's Verlagsbuchhandlung.
1847.

Druck von Blum und Vogel in Stuttgart.

Einleitung.

Das Gesammtgebiet derjenigen Kenntnisse, welche uns über das Wesen, die Ursachen und Wirkungen der Erscheinungen in's Klare setzen, die sich unserem Auge und Geiste allenthalben aufdrängen, und welche uns das Wesen, die Kräfte, die Thätigkeiten und den Zweck der Körper in der uns umgebenden Außenwelt einsehen lehren, nennt man bekanntlich die Naturwissenschaften. Diese zerfallen aber, in Folge einer sehr natürlichen und vernunftgemäßen Gliederung, wieder in zwei große Unterabtheilungen, die Naturbeschreibung und die Naturlehre. Die erstere, welche die wissenschaftlichen Disciplinen der Zoologie, Botanik und Mineralogie, d. h. die Naturgeschichte des Thier-, Pflanzen- und Gestein-Reiches in sich begreift, lehrt uns Zweck und Beschaffenheit einzelner Gegenstände kennen, welche sie um der größeren Uebersichtlichkeit willen in Systeme zusammenfaßt, je nach ihrer Aehnlichkeit oder Verwandtschaft; die Naturlehre dagegen setzt es sich zum Zwecke, die Naturgesetze zur Einsicht zu bringen, welche die Körperwelt und ihre Erscheinungen regeln.

Die Naturlehre umfaßt eigentlich zwei gesonderte Wissenschaften, die Physik und die Chemie; die Physik beschäftigt sich mit den Gesetzen derjenigen Erscheinungen, welche nicht auf einer Veränderung der Bestandtheile der Körper beruhen, denn damit und

mit der Lehre von der Zusammensetzung der Körper hat es die Chemie zu thun, — die Physik faßt also vorzugsweise die Veränderungen im **äußeren** Zustande der leblosen (unorganischen) Körper in's Auge.

Alle einzelnen Disciplinen der sogen. Naturwissenschaften hängen unter sich zusammen, wie die Glieder einer Kette, und bilden sozusagen ein einziges zusammenhängendes, majestätisches Gebäude; die Physik aber ist das Anfangsglied der Kette, die Vorhalle dieses Gebäudes. Sie ist mit jeder einzelnen Disciplin enger verwandt, als alle andern gegenseitig unter sich, und darum ist sie recht eigentlich auch die unentbehrlichste Elementarkenntniß für den Studierenden wie für den denkenden Menschen und den Bürger im weitern Sinne.

Keine der einzelnen naturwissenschaftlichen Disciplinen ist für den Menschen wichtiger und folgenreicher, und für das bürgerliche Leben von erheblicherem Nutzen und Einflusse als die Physik. Keine der einzelnen Disciplinen hat auch in verhältnißmäßig kürzerer Zeit überraschendere, riesigere Fortschritte gemacht, als eben die Physik. Daher ist es gewiß am Platze, wenn wir uns über die Bedeutung und den Nutzen des Studiums der Physik etwas weiter verbreiten. Da sie uns, wie schon erwähnt, die Kunde der allgemeinen Ursachen und Kräfte verschafft, welche die in der Körperwelt vorgehenden Erscheinungen und mechanischen Veränderungen bedingen, so wird eine zweckmäßig geleitete Beschäftigung mit dieser Wissenschaft zunächst unsre Urtheilskraft schärfen, indem sie zum Nachdenken über die räthselhaften, fremdartigen und fast nur in ihren Wirkungen zu erkennenden Kräfte der Natur gebieterisch auffordert, das Denkvermögen kräftigt und durch ihre Gründung auf die Erfahrung den Gesichtskreis des Geistes thatsächlich erweitert. Erfahrung und Beobachtung sind nämlich die Stützen der Physik; indem sie jede Naturerscheinung auf ein bestimmtes und

schon bekanntes Naturgesetz zurückzuführen sucht, erklärt sie diese Erscheinung; ja wenn sie sogar Hypothesen schafft, indem sie Schlüsse zieht, für welche ihr die Begründung durch bekannte Naturgesetze noch fehlt, muß sie schon im Voraus darauf denken, die Voraussetzung, wenn auch nicht auf dem Wege der Erfahrung, doch auf dem der Spekulation, auf dem sogen. mathematischen Wege, zu begründen. Auf diesem Wege sind auch schon Hypothesen aufgestellt worden, welche der weitere Fortschritt der Wissenschaft zu Naturgesetzen erhoben hat.

Indem aber die Physik den praktischen Verstand auf ganz eigenthümliche Weise schärft und ihre Gesetze nur auf erkannte Wahrnehmungen zu gründen sucht, steuert sie dem Aberglauben dadurch, daß sie die geheimnißvollen Erscheinungen und Kräfte der Natur erklärt, und uns an einer endlosen Reihe von Naturbegebenheiten und Thatsachen den Reichthum der Güte und Fürsorge unseres allmächtigen Schöpfers zeigt. Sie bessert uns, indem sie unsern Blick nach Oben zieht; sie spricht mächtig zum Gemüthe, wenn wir die Wunderwirkungen der Wärme, des Lichtes, der Electricität, des Galvanismus, Magnetismus und dergl. beobachten, wenn sie uns den kunstvollen Bau des Auges, den Zauber der Töne erklärt, oder die ewige Harmonie predigt, welche unter allen zahllosen Körpern des unermeßlichen Weltenraumes herrscht. Endlich aber — und dieser letztere Gesichtspunkt ist für unsern Zweck ein sehr wesentlicher — wie bedeutend ist der Nutzen, welchen der Mensch im praktischen Leben von der Physik zieht? Gibt es außer ihr noch eine Wissenschaft, welche in unsere häusliche und öffentliche Wohlfahrt, in unsere Gewerbe, Schifffahrt u. s. w., kurzum in alle unsere Verhältnisse tiefer eingreift? Man denke nur an die Wichtigkeit der Lehre vom Licht, von der Wärme, vom Luftdruck für das bürgerliche Leben; man denke an

den Nutzen der Thermometer, Barometer, Mikroskope, Teleskope, Brillen, des Compasses, Sextanten, Quadranten, der Luft- und Wasserpumpen, der Heber, der Feuerspritzen, Blitzableiter, Sprachröhren u. s. f., und an die erstaunlichen Verbindungsmittel der Neuzeit: an Dampfschiffe und Dampfwagen, an Schienenwege, atmosphärische Eisenbahnen, und endlich an die überaus wichtigen Kräfte der Bewegung: an Dampfmaschinen und Turbinen.

Eben dieses weiten Gesichts- und Wirkungskreises wegen ist auch die Physik, deren Wichtigkeit wir genugsam hervorgehoben zu haben glauben, weit schwieriger gemeinfaßlich darzustellen, als irgend eine andere Wissenschaft. Da sie es nicht sowohl mit Körpern, als mit der Erklärung ihrer Erscheinungen und der Ursachen derselben zu thun hat, so bedarf sie zum Unterricht mehr als irgend eine andre Wissenschaft der Experimente. Der Zweck eines gemeinfaßlichen Lehrbuches erfordert zunächst, daß dasselbe auch zum Selbstunterricht dienen nne und auf einen Leserkreis Rücksicht nehme, welcher der sonst erheischten wissenschaftlichen Vorkenntnisse, z. B. in der Elementarmathematik, entbehrt. Es müssen also zur Erklärung der Gesetze und Phänomene entweder ganz leichte Versuche oder noch besser Beispiele aus dem Alltagsleben gewählt werden, um demjenigen Leser, welchem die Mittel und Hülfsmittel zu Experimenten fehlen, einen entsprechenden Ersatz für die den gewöhnlichen Unterricht begleitenden Versuche zu bieten; und diese aufzufinden, ist nicht immer leicht. Ueberhaupt ist die volksfaßliche Darstellung der Wissenschaft bei uns in Deutschland etwas vernachlässigt gegenüber von unsern Nachbarn in England und Frankreich, und es wäre dem Herausgeber vielleicht schwer geworden, unter der freilich reichen Zahl von tüchtigen Physikern in Deutschland einen Gelehrten zu finden, welcher sich dem Zwecke des vorliegenden Werkes zu allgemeiner

Befriedigung unterzogen haben würde, wären nicht ganz entsprechende *Vorgänge* und *Vorbilder* vorhanden gewesen.

Das gediegenste und bis jetzt noch unübertroffene Vorbild einer ganz gemeinfaßlichen, überaus klaren und gedrungenen wissenschaftlichen Darstellung sind des berühmten Mathematikers *Leonhard Euler* (geb. zu Basel 15. April 1707) *Briefe an eine deutsche Prinzessin über verschiedene Gegenstände der Physik und Philosophie.* Diese sind dem vorliegenden Werke zu Grunde gelegt; es wäre totale Mißachtung des wirklich Gediegenen und Großen in unserer wissenschaftlichen Literatur gewesen, wenn *Euler's Werk*, *das bis jetzt als* **die gründlichste und reichhaltigste Einleitung in das Studium der Physik** allgemein anerkannt ist, nicht zu einem Werke benützt worden wäre, das diese bedeutsame Wissenschaft zum *Gemeingute* machen soll. Die Klarheit und Verständlichkeit, womit Euler die wichtigsten Wahrheiten der Mechanik, der physischen Astronomie, der Optik, der Lehre vom Schall u. s. f. darzustellen wußte, sind bis auf den heutigen Tag von wenigen Schriftstellern erreicht, von allen aber bewundert und zum Muster genommen worden.

Euler hat seine Briefe ursprünglich französisch geschrieben, weil dieß die damalige Hofsprache und die Sprache der gebildeten Welt überhaupt, nicht allein in Deutschland, war. Sie sollten die Fürstin von Anhalt-Dessau, eine Nichte Friedrichs des Großen, in die Physik einweihen, und wurden geschrieben, weil der Privatunterricht, welchen diese Fürstin von Euler zu erhalten wünschte, durch dessen Berufung an die Akademie zu Petersburg nicht zu Stande kam. Das Werk hat seit seiner Publikation (denn es erschien erst später im Druck) sich eines ungetheilten Beifalls zu erfreuen gehabt und mehr Auflagen erlebt, als irgend ein Werk aus der Naturkunde überhaupt. Alle civilisirten Völker haben es sich durch Uebersetzungen angeeignet, und die größten Physiker und

Mathematiker Frankreichs, welches Euler's Buch unter die Meisterwerke seiner wissenschaftlichen Literatur zählt, ein Condorcet, ein Labey, Cournot, Becquerel u. A. rechneten es sich zur Ehre, dieses Werk herauszugeben und durch Noten auf den jeweiligen Stand der Wissenschaft zu erheben.

Allerdings haben seit Euler's Zeit alle in die Physik einschlagenden Zweige der Wissenschaft sehr bedeutende und wichtige Fortschritte gemacht, aber diese haben eben auch gezeigt, wie viele dieser neueren Entdeckungen in der Physik gerade von Euler angebahnt und mittelbar herbeigeführt worden sind, und dieß war ein Sporn mehr, Euler's Werk, mit der Errungenschaft der heutigen Wissenschaft vervollständigt, der lebenden Generation wieder vorzuführen. Der schönen Aufgabe, dieses klassische Werk zu ergänzen, hat sich auf Ansuchen des Herausgebers der als tüchtiger Physiker rühmlichst bekannte Professor Dr. Joh. Müller zu Freiburg im Breisgau unterzogen, und Euler's Werk in Euler's Geiste fortzusetzen gewußt.

Auch Hr. Prof. Dr. Müller hat die Briefform gewählt, als die beseelteste, lebendigste und instruktivste nächst dem mündlichen Vortrage. Manche mag gerade diese Form auf den ersten Blick abschrecken; allein das Durchlesen von nur wenigen Seiten wird sie nicht nur ganz damit versöhnen, sondern ihnen auch zeigen, wie man — außer beim mündlichen Vortrage, — nur allein in dieser Form die Sprache des Volkes reden, und wissenschaftliche Probleme für Jedermann zugänglich machen kann. Diese Thatsache haben in neuester Zeit mehrere ausgezeichnete deutsche Gelehrte thatsächlich bestätigt, z. B. Justus v. Liebig in seinen „Chemischen,“ Mädler in seinen „Astronomischen,“ Vogt in seinen „Physiologischen,“ v. Leonhard in seinen „Geologischen Briefen,“ und wir zweifeln nicht, daß in der nächsten Zeit noch

manche andere wissenschaftliche Disciplinen in derselben Weise bearbeitet werden dürften.

Der in der Geschichte der Wissenschaft so hoch gefeierte Name des großen Euler, der imposante Begriff, welchen man sich gewöhnlich von seinen Werken macht, welche eigentlich berufen schienen, die schwierigsten, mühsamsten und abstraktesten Ergebnisse der Analyse zu enthüllen, geben den schlichten, anspruchslosen und beim tiefsten Gehalte doch so leicht verständlichen Briefen dieses Werkes einen um so größern Reiz, als sie gar keine vertrautere Bekanntschaft mit der höhern Mathematik voraussetzen, und jeder Leser sich gewissermaßen davon geschmeichelt fühlt, daß er einen so großen Genius, wie den Euler's, verstehen kann; weil er dankbar anerkennen muß, daß der berühmte Verfasser sich herabließ, gerade für sein Verständniß zu schreiben. Diese so zu sagen elementarische Behandlung der Wissenschaften gewinnt eine gewisse Erhabenheit, wenn man sie dem Ruhm und dem Genius ihres großen Verfassers gegenüberhält.

Für die Leser der „allgemeinen deutschen Bürger-Bibliothek" bildet somit diese Einleitung in die Physik nach Euler gewissermaßen auch eine Einleitung in die Chemie von Prof. Dr. Fr. A. Walchner, in die volksfaßliche Mechanik und Maschinenkunde von Pr. Dr. K. Holtzmann, und in die Astronomie von Dr. Moriz A. Stern. — Die „Mechanik und Maschinenkunde insbesondere" schließt sich genau an das vorliegende Werk an, wenn auch nicht in Briefform, und ergänzt sozusagen dasselbe ebenso, wie es von der „Physik" gewissermaßen eingeleitet und bevorwortet wird.

Die Bearbeitung desjenigen Theils, welcher von dem Euler'schen Originale benützt wurde, schließt sich dem Urtext ganz genau an, und läßt mit gewissenhafter Schonung nur dasjenige aus, was entweder nicht speciell in die Physik gehört, oder was durch neuere

Entdeckungen seit Euler berichtigt oder widerlegt worden ist, wie z. B. in der Lehre vom Magnetismus, welche im dritten Theile ganz neu bearbeitet wurde, von der Electricität u. s. w. Den neuesten Bereicherungen der Physik wurde, wie schon erwähnt, ganz besondere Beachtung geschenkt. Jede Abweichung vom Original wird an der betreffenden Stelle zu rechtfertigen gesucht. Und so schließen wir diese einleitenden Worte mit der offenen ausgesprochenen Behauptung, daß die vorliegende Behandlung der Physik eine der Zierden der Bürger-Bibliothek bilden wird.

Die Herausgeber.

Vorwort.

Wenige Schriften haben wohl in neuerer Zeit so viel dazu beigetragen, richtige Vorstellungen über Chemie zu verbreiten, ihre wissenschaftliche und praktische Bedeutung auch dem Laien klar zu machen, das Interesse für diese Wissenschaft zu wecken, und ein tieferes Studium derselben vorzubereiten, als Liebig's Chemische Briefe. Sie sind ein würdiges Beispiel wahrhaft populärer Darstellung.

Liebig's Briefe liefern einen Beweis, wie geeignet gerade die Briefform ist, um auch in weiteren Kreisen Freunde für die Wissenschaft zu gewinnen, und naturwissenschaftliche Kenntnisse zu verbreiten, die jetzt keinem Gebildeten mehr fremd seyn sollten.

Was in neuerer Zeit Liebig für die Chemie, das hat schon im vorigen Jahrhundert Euler für die Physik gethan. Einer der ersten Mathematiker und Physiker seiner Zeit, verschmäht er es nicht, in seinen 'Briefen an eine deutsche Prinzessin' mit klaren Zügen die wichtigsten Lehren der Physik auch für den Laien verständlich zu zeichnen. Das große Ansehen, welches die Euler'schen Briefe genießen, die große Verbreitung, welche sie fanden, indem sie in mehreren Sprachen wiederholt edirt wurden, sind ein sprechender Beweis nicht allein für die Gediegenheit des Inhalts, sondern auch für die Klarheit der Darstellung. Euler ist durch seine Briefe nicht allein der Lehrer seiner gebildeten Zeitgenossen, sondern auch der Lehrer kommender Geschlechter geworden, denn in die Kenntniß der um die Mitte des vorigen Jahrhunderts schon bekannten Naturgesetze kann der wißbegierige Leser wohl

nicht besser eingeführt werden, als durch Euler's klassische Briefe; durch eine neue Herausgabe der Euler'schen Briefe hat sich also die Verlagshandlung dieses Buchs gewiß den Dank des gebildeten Publikums verdient.

Es ist aber bald hundert Jahre her, daß Euler seine Briefe geschrieben hat, und welche ungeheuren Fortschritte hat in dieser Zeit die Physik gemacht! Euler's Briefe sind demnach weit entfernt, den heutigen Standpunkt der Naturlehre darzustellen. Die Verlagshandlung dieses Buches hielt es deßhalb für nothwendig, den Euler'schen Briefen in ähnlicher Darstellungsweise die wichtigsten Ergebnisse neuerer Forschung beizufügen. Es ist dieß im dritten Theile, den Supplementbriefen geschehen.

Die populäre Darstellung physikalischer Gegenstände hat eigenthümliche Schwierigkeiten zu überwinden. Es ist hier mehr als in irgend einem anderen Zweige der Naturwissenschaften nothwendig, Raum und Zahl in die Betrachtung einzuführen, mehr oder weniger detaillirte Beschreibungen von Apparaten zu geben ohne deren Kenntniß die Erscheinung selbst nicht verstanden werden kann, und welche meist complicirter sind als die Apparate des Chemikers. Dieß Alles erschwert aber die gefällige Darstellung. Man muß zu oft eine etwas gespannte Aufmerksamkeit des Lesers in Anspruch nehmen, und dadurch wird der Lebendigkeit der Auffassung nothwendig Eintrag gethan.

Mit Zagen habe ich den Auftrag übernommen, die Supplementbriefe zu schreiben; ich kann nicht entfernt hoffen, Euler's wunderbare Klarheit zu erreichen; ich kann nicht hoffen, daß es mir gelingt, durch jene Frische und Lebendigkeit, welche Liebig's Briefe auszeichnet, den Leser eben so zu fesseln und für seinen Gegenstand zu enthusiasmiren, und appellire deßhalb an die Nachsicht des Publikums.

Freiburg, Ende August 1847.

J. Müller.

Inhalts-Uebersicht.

Lobrede auf Euler. Von Condorcet . . . . 1.

Erster Theil.

Brief		Seite
1.	Von der Ausdehnung	1
2.	Von der Geschwindigkeit	4
3.	Vom Schall und der Geschwindigkeit	6
4.	Von den Consonanzen und Dissonanzen	9
5.	Vom Unisono und den Octaven	11
6.	Von den andern Consonanzen	13
7.	Von den zwölf Tönen des Klaviers	17
8.	Die Annehmlichkeiten einer schönen Musik	20
9.	Ueber den Luftdruck	23
10.	Ueber das Verdünnungs- und Ausdehnungs-Vermögen der Luft .	26
11.	Ueber die Schwere der Luft	28
12.	Von der Atmosphäre und dem Barometer	31
13.	Von den Windbüchsen und dem Grade des Luftdrucks im Schießpulver	33
14.	Von der Einwirkung von Hitze und Kälte auf alle Körper, und von Pyrometern und Thermometern	36
15.	Von den Veränderungen, welche durch Wärme und Kälte in der Atmosphäre hervorgebracht werden	38
16.	Warum man überall und zu allen Jahreszeiten denselben Kältegrad verspürt, wenn man entweder auf die höchsten Berge oder in die tiefsten Höhlen hinunter steigt	41
17.	Von den Lichtstrahlen und den Systemen Descartes' und Newton's .	43
18.	Von den Schwierigkeiten, auf welche man in genanntem Emanations-Systeme stößt	46
19.	Erläuterung eines andern Systems über das Wesen der Sonnenstrahlen und des Lichts	49

Brief | Seite
20. Von der Fortpflanzung des Lichtes 52
21. Abschweifung über die Größe der Welt; weitere Erörterung über das Wesen der Sonne und ihrer Strahlen 54
22. Weitere Erörterungen über die selbstleuchtenden Körper und den Unterschied zwischen diesen und den erleuchteten lichtlosen Körpern . 57
23. Von der Art und Weise, wie uns die dunkeln Körper sichtbar werden. Erläuterung der Ansicht Newton's, der den Grund davon im Reflex der Strahlen finden will 60
24. Untersuchung und Widerlegung dieser Ansicht 63
25. Andre Erklärung, auf welche Weise uns die beleuchteten Körper sichtbar werden 65
26. Fortsetzung dieser Erklärung 68
27. Schluß dieser Erklärung, und von der Helle und Farbe der beleuchteten dunklen Körper 70
28. Vom Wesen der Farben insbesondere 73
29. Von der Durchsichtigkeit der Körper im Verhältniß zur Durchlassung der Strahlen 76
30. Vom Durchgang der Lichtstrahlen durch durchsichtige Körper, und von ihrer Brechung 79
31. Von der Brechung verschiedenfarbiger Strahlen 81
32. Vom Blau des Himmels 84
33. Von der Schwächung der Strahlen, die von einem entfernten lichten Punkte ausgehen, und vom Sehwinkel 87
34. Von dem, was die Urtheilskraft am Gesichtssinne ergänzt . . 89
35. Erklärung einiger, auf die Optik bezüglichen Phänomene . . 91
36. Vom Schatten 94
37. Von der Katoptrik und insbesondre von der Reflexion der Strahlen in ebenen Spiegeln 96
38. Vom Reflex der Strahlen in erhabenen und Hohlspiegeln, und von den Brennspiegeln 99
39. Von der Dioptrik 102
40. Fortsetzung desselben Gegenstandes, besonders von den Brenngläsern und ihrem Brennpunkt 104
41. Vom Gesichtssinn und dem Bau des Auges 107
42. Fortsetzung; Betrachtung der Wunder, die man im Bau des Auges entdeckt 109
43. Fortsetzung, und besonders von dem großen Unterschied zwischen dem thierischen Auge und einem künstlichen oder einer Camera obscura 111
44. Von den andern Vorzügen und Vollkommenheiten, die man im menschlichen Auge entdeckt 114
45. Von der Schwere, als einer allgemeinen Eigenschaft aller uns bekannten Körper 116
46. Fortsetzung über denselben Gegenstand, und vom spezifischen Gewicht insbesondere 118
47. Von einigen Worten und Ausdrücken, welche sich auf die Schwere der Körper beziehen, und ihrer eigentlichen Bedeutung 121
48. Erwiderung auf etliche Einwürfe gegen die Kugelgestalt der Erde, die man aus dem Gesetz der Schwere gezogen hat 123
49. Von der wahren Richtung und der Wirkung der Schwere in Beziehung auf die Erde 126

Brief | Seite

50. Von der verschiedenen Wirkung der Schwere, hauptsächlich in Beziehung auf die verschiedenen Gegenden und Entfernungen vom Mittelpunkt der Erde 128
51. Von der Schwere des Mondes 130
52. Von der Entdeckung der allgemeinen Schwerkraft durch den großen Newton 133
53. Fortsetzung über die gegenseitige Anziehung der Himmelskörper . 135
54. Von den verschiedenen Ansichten der Naturforscher über die allgemeine Gravitation, und von der Ansicht der Attractionnisten insbesondere 138
55. Von der Kraft, mit welcher alle Himmelskörper sich gegenseitig anziehen 140
56. Ueber denselben Gegenstand 142
57. Fortsetzung 144
58. Von der Bewegung der Himmelskörper und der Art, sie durch die Gesetze der allgemeinen Gravitation zu bestimmen . . . 146
59. Vom Weltsystem 148
60. Ueber denselben Gegenstand 151
61. Von den kleinen Unregelmäßigkeiten, welche man in den Bewegungen der Planeten beobachtet, und die von ihrer wechselsweisen Attraction herrühren 153
62. Von Ebbe und Fluth 156
63. Von den verschiedenen Ansichten der Philosophen über Ebbe und Fluth des Meeres 158
64. Ausführlichere Erklärung des Phänomens der Ebbe und Fluth durch die Anziehungskraft des Mondes 160
65. Fortsetzung 163
66. Fortsetzung 165
67. Fortsetzung 167
68. Umständlichere Schilderung des Streites der Philosophen über die Ursache der allgemeinen Schwere 170
69. Von der Natur und dem Wesen der Körper, oder vielmehr von der Ausdehnung, Beweglichkeit und Unburchbringlichkeit derselben . . 172
70. Von der Unburchbringlichkeit der Körper insbesondere 175
71. Von der Bewegung, und von der wahren und scheinbaren Ruhe . 178
72. Von der gleichförmigen, der beschleunigten und verzögerten Bewegung 181
73. Von dem Hauptgesetze der Bewegung und Ruhe, und dem Streite der Philosophen in dieser Beziehung 184
74. Von der Trägheit und den Kräften der Körper 187
75. Von den Veränderungen, welche im Zustande der Körper eintreten können 190
76. Von dem Wolf'schen Monaden-System 192
77. Vom Ursprung und Wesen der Kräfte 195
78. Fortsetzung desselben Gegenstandes; von dem Grundsatz der kleinsten Wirkung 198
79. Ueber die Frage: ob es noch andere Arten von Kräften gebe? . . 201

Zweiter Theil.

1. Erläuterungen über die Natur der Farben 1
2. Betrachtungen über die Aehnlichkeit zwischen den Farben und den Tönen 4
3. Fortsetzung dieser Betrachtungen 6
4. Ueber die Frage: auf welche Weise werden uns die dunkeln Körper sichtbar? 9

Brief Seite
5. Ueber das Wunderbare der menschlichen Stimme 12
6. Kurze Darlegung der vorzüglichsten Erscheinungen der Electricität . 14
7. Von der Grundursache, auf welche alle Erscheinungen der Electricität sich gründen 17
8. Fortsetzung; insbesondere über die verschiedene Beschaffenheit der Körper in Bezug auf Electricität 19
9. Ueber denselben Gegenstand 22
10. Von positiver und negativer Electricität; Erklärung der Erscheinung des Anziehens 25
11. Fortsetzung desselben Gegenstandes 27
12. Von der electrischen Atmosphäre 30
13. Ueber die Mittheilung der Electricität an eine Eisenstange mittelst einer Glaskugel 33
14. Ueber das Electrisiren von Menschen und Thieren 36
15. Ueber die unterscheidenden Kennzeichen der beiden Arten von Electricität, der positiven und der negativen 38
16. Auf welche Weise dieselbe Glaskugel beide Arten von Electricität zugleich liefern könne 41
17. Von dem Leydner Versuche 43
18. Betrachtungen über die Ursache und die Natur der Electricität, sowie über die übrigen Mittel sie hervorzubringen 45
19. Ueber die Natur des Gewitters (Erklärung der alten Philosophen und von Descartes) und über die Aehnlichkeit zwischen den Erscheinungen desselben und jenen der Electricität 47
20. Erklärung der Erscheinungen von Blitz und Donner 50
21. Fortsetzung der Erklärung des Gewitters 52
22. Ueber die Möglichkeit, den nachtheiligen Wirkungen des Blitzes vorzubeugen und sie abzuwenden 55
23. Ueber die berühmte Aufgabe der geographischen Länge. Allgemeine Beschreibung der Erde; von ihrer Axe, ihren Polen und dem Aequator 57
24. Von der Größe der Erde, den Meridianen und dem kürzesten Wege zwischen zwei Punkten der Erde 60
25. Von der geographischen Breite und ihrem Einfluß auf die Jahreszeiten und Tageslängen 63
26. Von den Parallelkreisen, dem ersten Meridian, und der geographischen Länge 66
27. Ueber die Wahl des ersten Meridians 68
28. Von der Methode, die Breite oder Polhöhe zu bestimmen . . . 71
29. Erstes Verfahren, zur Kenntniß der Länge zu gelangen, durch Schätzung des zurückgelegten Weges 74
30. Fortsetzung des vorigen Gegenstandes, und von den Fehlern dieser Methode 77
31. Zweite Methode, die Länge zu bestimmen, vermittelst einer genauen Uhr 80
32. Fortsetzung des vorhergehenden Briefes und weitere Erläuterungen . 83
33. Die Mondsfinsternisse als drittes Hilfsmittel für die Bestimmung der Länge 86
34. Die Beobachtung der Verfinsterungen der Trabanten des Jupiters gibt ein viertes Mittel für die Bestimmung der Länge 89
35. Fünfte Methode zur Bestimmung der Länge durch die Bewegung des Mondes 92

Brief Seite

36. Von den Vortheilen dieser letzten Methode, und dem Grade ihrer Genauigkeit 94
37. Ueber den Kompaß und die Eigenschaften der Magnetnadel . . 97
38. Ueber die Abweichung der Magnetnadel und die Art, sie zu beobachten 100
39. Ueber die Veränderungen, denen die Magnetnadel an demselben Orte unterworfen ist 103
40. Ueber die Abweichungskarte und die Art, wie sie zur Bestimmung der Länge dienen könnte 106
41. Warum die Magnetnadeln auf jedem Punkte der Erde eine bestimmte Richtung annehmen, warum diese Richtung an verschiedenen Orten verschieden ist, und aus welchem Grunde sie sich an demselben Orte mit der Zeit ändert 108
42. Weitere Erläuterungen über die Ursachen und die Verschiedenheit in der Abweichung der Magnetnadel 112
43. Ueber die Neigung der Magnetnadel 114
44. Ueber die Dioptrik; von den Instrumenten, welche sie uns zur Schärfung des Sehvermögens liefert; von den Teleskopen und Mikroskopen. Von den verschiedenen Formen der Linsengläser . . . 118
45. Ueber den Unterschied der Linsen in Bezug auf die Krümmung ihrer converen und concaven Flächen. Eintheilung der Linsen in drei Klassen 121
46. Von der Wirkung der Convergläser 124
47. Ueber denselben Gegenstand und die Brennweite der Convergläser . 126
48. Ueber die Entfernung des Bildes der Gegenstände . . . 129
49. Von der Größe der Bilder 132
50. Von den Brenngläsern 134
51. Ueber die Camera obscura 137
52. Betrachtungen über die Camera obscura 140
53. Von der Zauberlaterne und dem Sonnenmikroskop . . . 143
54. Ueber den Gebrauch und die Wirkung eines Converglases, wenn man unmittelbar durch dasselbe hindurch sieht 146
55. Von der Anwendung der Concavgläser, wenn man unmittelbar hindurch sieht 149
56. Von der scheinbaren Größe der Gegenstände, dem Sehwinkel und den Mikroskopen überhaupt 151
57. Ueber die Schätzung der Vergrößerung durch die Mikroskope . . 154
58. Grundgesetz für die Construction einfacher Mikroskope und Berechnung von einigen solchen 157
59. Ueber die Gränzen und Mängel der einfachen Mikroskope . . 159
60. Ueber die Teleskope und ihre Wirkung 162
61. Von den Taschenfernröhren 165
62. Von der Vergrößerung der Fernröhren 169
63. Ueber die Mängel der Taschenfernröhren und über das Sehfeld . 172
64. Bestimmung des Sehfeldes bei Taschenfernröhren . . . 175
65. Von den astronomischen Fernröhren und ihrer Vergrößerung . 177
66. Ueber das Sehfeld und die Stellung des Auges . . . 180
67. Wie die Vergrößerung eines Fernrohrs gemessen werde, und wie man 183
Fernröhren von einer gegebenen Vergrößerung machen könne . 185
68. Von dem Grade der Helligkeit 189
69. Ueber die Oeffnung der Objective . . . .

Brief Seite

70. Ueber die Schärfe der Bilder; über den Zerstreuungsraum, als erste Ursache des Mangels an Schärfe 191
71. Ueber das Verkleinern der Objectivöffnung, und über andere Mittel, den Abweichungsraum zu verkleinern, und ihn selbst ganz verschwinden zu machen 195
72. Von den zusammengesetzten Objectiven 198
73. Ueber die Form der einfachen Objective 200
74. Zweite Quelle des Mangels an Schärfe bei den Bildern der Fernröhren. Ueber die ungleiche Brechbarkeit der Lichtstrahlen 203
75. Ueber ein Mittel, diesem Fehler abzuhelfen, durch Anwendung von aus Wasser und Glas zusammengesetzten Objectiven 207
76. Ueber ein anderes leichter ausführbares Mittel, diesem Fehler abzuhelfen 209
77. Wiederholung all der Eigenschaften, welche ein gutes Fernrohr haben muß 212
78. Von den Erdfernröhren mit vier Gläsern 214
79. Ueber die Anordnung der Gläser in einem Erdfernrohr . . 217
80. Ueber einige bei der Verfertigung der Fernröhren zu beobachtende Vorsichtsmaaßregeln; von der Nothwendigkeit, das Innere der Röhren gut zu schwärzen, und von den Blendungen 219
81. Wie der Mond, die Planeten, die Sonne und die Fixsterne durch Fernröhren erscheinen; Schätzung der Entfernung der Fixsterne durch Vergleichung ihrer scheinbaren Größe mit jener der Sonne . . 222
82. Ueber die Frage, warum uns Sonne und Mond bei ihrem Auf- und Untergange größer erscheinen, als wenn sie sich in einiger Höhe befinden. Von den Schwierigkeiten, denen man bei der Erklärung dieser Erscheinung begegnet 224
83. Betrachtungen über diese schwierige Frage und Ebnung der Anstände, die sich dabei vorfinden. Unstatthafte Erklärungsversuche . . 227
84. Anbahnung der wichtigen Erklärung dieser Erscheinung; von der Abplattung des Himmelsgewölbes 230
85. Von dem verminderten Glanze der Himmelskörper, wenn sie am Horizonte erscheinen, als Ursache ihrer scheinbar größern Entfernung . 232
86. Von dem größern Wege, den die Strahlen am Horizonte befindlicher Gegenstände durch die Atmosphäre zurückzulegen haben, als Ursache ihres verminderten Glanzes 235
87. Ueber einige andere Täuschungen, welche daher rühren, daß wir die Gegenstände für um so entfernter halten, je dunkler sie uns erscheinen; wie die Maler dieses sich zu Nutzen machen 238
88. Ueber das Blau des Himmels 240
89. Was wir beobachten würden, wenn die Luft vollkommen durchsichtig wäre, und über den trostlosen Zustand, in welchen uns eine solche Durchsichtigkeit der Luft setzen würde 242
90. Von der Brechung der Lichtstrahlen bei ihrem Eintritte in die atmosphärische Luft als Ursache der Dämmerung; von dem scheinbaren Auf- und Untergange der Gestirne 245
91. Von der astronomischen Strahlenbrechung und der Tafel dafür . 248
92. Von den zusammengesetzten Mikroskopen 251
93. Von den Fehlern der zusammengesetzten Mikroskope, und den Mitteln, ihnen abzuhelfen 254
94. Von den Spiegelteleskopen 256

Dritter Theil.

Brief		Seite
1.		1
2.	Vom Thermometer	3
3.	Von der Ausdehnung der Luft und der Entstehung der Winde	6
4.	Gesetze der Ausdehnung der Luft; Spannkraft der Luft	10
5.	Von den Wasserdämpfen	13
6.	Von der Spannkraft der Dämpfe	16
7.	Die Dampfmaschine	20
8.	Von der Dampfmaschine, Fortsetzung	25
9.	Von der gebundenen Wärme	29
10.	Von der Verdampfungswärme	33
11.	Vom Freiwerden der Wärme bei der Verdichtung der Dämpfe	36
12.	Von den Wärmequellen, namentlich der Verbrennungswärme	38
13.	Von der Verbrennungswärme und der thierischen Wärme	41
14.	Quelle der thierischen Wärme	46
15.	Wärmeleitung	48
16.	Von der Wärmestrahlung	51
17.	Von der Beugung des Lichtes	55
18.	Von der Beugung des Lichtes. Fortsetzung	58
19.	Elemente der Vibrationstheorie	59
20	Princip der Interferenz und Bestimmung der Länge der Lichtwellen	63
21.	Anzahl der Lichtschwingungen in einer Sekunde. Beugungserscheinungen durch zwei und mehrere Spalten	67
22.	Farben dünner Blättchen	70
23.	Ueber die Farben dünner Schichten. Fortsetzung	73
24.	Geschichte und Entwickelung der Elektricitätslehre	76
25.	Fortsetzung des im vorigen Briefe besprochenen Gegenstandes	78
26.	Fortsetzung	81
27.	Von den elektrischen Erscheinungen	84
28.	Von der elektrischen Vertheilung	87
29.	Von der gebundenen Elektricität	92
30.	Von der Leidner Flasche	95
31.	Wirkungen des Entladungsschlages der Leidner Flasche	98
32	Vertheilung der Elektricität auf der Oberfläche leitender Körper, Wirkung der Spitzen	100
33.	Von der atmosphärischen Elektricität	102
34.	Von der Wirkung der Blitzableiter	105
35.	Verschiedene Erscheinungen elektrischer Anziehung und Abstoßung	108
36.	Von den elektrischen Lichterscheinungen	110
37.	Von den Elektroscopen mit einem Condensator	113
38.	Elektricität durch Berührung verschiedener Metalle	116
39.	Die Voltaische Säule	120
40.	Der elektrische Strom	122
41.	Verschiedene Formen der galvanischen Kette	124
42.	Wirkungen des galvanischen Stromes	127
43.	Magnetische Wirkungen des galvanischen Stromes	130
44.	Elektromagnete	133
45.	Elektromagnetische Motoren und elektrische Telegraphen	137

Brief		Seite
46.	Von der galvanischen Wasserzersetzung	141
47.	Fortsetzung	145
48.	Galvanoplastik	148
49.	Fortsetzung	150
50.	Elektrochemische Theorie	153
51.	Einwirkung elektrischer Ströme auf einander	156
52.	Ampere's Theorie des Magnetismus	158
53.	Inductionserscheinungen	161
54.	Thermo-Elektricität. Faraday's neue Entdeckung	166

Lobrede auf Euler,

von Condorcet.

Leonhard Euler, Director der mathematischen Abtheilung in der Academie von St. Petersburg und früher in der von Berlin, Mitglied der königlichen Gesellschaft von London, der Academieen von Turin, Lissabon und Basel und auswärtiges Mitglied der Pariser Academie der Wissenschaften wurde geboren zu Basel am 15. April 1707. Seine Eltern waren Paul Euler und Margaratha Brucker.

Sein Vater, der im Jahr 1708 Pfarrer im Dorfe Riechen bei Basel wurde, war sein erster Lehrer und hatte bald die Freude zu sehen, wie jene, für ein Vaterherz so süßen Hoffnungen auf die Talente und den Ruhm eines Sohnes unter seinen Augen und unter seiner Pflege keimten und erstarkten. Er hatte die Mathematik unter Jakob Bernoulli studirt. Man weiß, daß dieser berühmte Mann mit einem großen Genie für Wissenschaften eine tiefe Philosophie verband, die nicht immer dieses Genie begleitet, aber dazu dient, demselben mehr Umfang und Wirksamkeit zu geben; in seinen Vorträgen gab er seinen Schülern zu erkennen, daß die Mathematik nicht eine vereinzelte Wissenschaft ist, und stellte sie ihnen als die Grundlage und den Schlüssel aller menschlichen Kenntnisse, als die Wissenschaft, in welcher man den Gang des Geistes am besten beobachten kann, als die Wissenschaft, deren Pflege unsere Anlagen am meisten ausbildet, da sie dem Urtheile Stärke und Richtigkeit zugleich gibt, kurzum als ein Studium dar, das sich ebensowohl durch die Menge oder Mannigfaltigkeit seiner Anwendungen, als besonders durch den Vortheil empfiehlt, an ein folgerechtes Denken zu gewöhnen, das später zu Erforschung von Wahrheiten jeder Art verwendet werden und uns zum Leitsterne auf dem Pfade des Lebens dienen kann.

Durchdrungen von den Grundsätzen seines Meisters lehrte Paul Euler seinen Sohn die Elemente der Mathematik, obgleich er ihn zum Studium der Theologie bestimmte; und als der junge Euler auf die hohe Schule zu Basel gesandt wurde, erwies er sich würdig, die Vorlesungen Johann Bernoulli's zu hören. Sein Fleiß sowie seine glücklichen Anlagen erwarben ihm bald die Freundschaft der beiden jungen Bernoulli, Daniel und Nicolaus, welche Schüler und bereits Nebenbuhler ihres Vaters waren; er hatte sogar das Glück, sich der Freundschaft des strengen Johann Bernoulli zu erfreuen, der ihm gern einmal wöchentlich eine Privatstunde gab, die dazu bestimmt war, die Schwierigkeiten aufzuklären, die sich ihm im Verlaufe seines Studiums und seiner Arbeiten darboten; die übrigen Tage verwandte Euler darauf, sich zu rechter Benützung dieser besondern Gunst fähig zu machen.

Diese ausgezeichnete Methode hatte den Vortheil, daß sich sein werdendes Genie nicht an unüberwindlichen Hindernissen erschöpfte, noch in den neuen Wegen verirrte, die es sich zu erschließen suchte; sie leitete und unterstützte seine Bemühungen, nöthigte ihn aber auch zugleich, alle seine Kräfte aufzubieten, die er überdieß durch eine, seinem Alter und dem Umfang seiner Kenntnisse angemessene Uebung vermehrte. Dieses Vortheiles genoß er jedoch nicht lange, denn kaum hatte er den Titel eines Magister artium erhalten, als sein Vater, der ihn zu seinem Nachfolger bestimmte, ihn nöthigte, die Mathematik mit der Theologie zu vertauschen. Zum Glück war diese Strenge nur vorübergehend: man gab ihm leicht zu verstehen, daß sein Sohn dazu geboren sey, für Europa an die Stelle Johann Bernoulli's zu treten und nicht Pastor von Riechen zu werden.

Ein Werk, welches Euler im Alter von neunzehn Jahren über die Bemastung der Schiffe, eine von der Academie der Wissenschaften aufgestellte Preisfrage, verfaßte, erhielt im Jahr 1727 den zweiten Preis; eine Ehre, die um so größer war, als der junge Sohn der Alpen dabei durch keinerlei praktische Kenntniß unterstützt seyn konnte und nur von einem geschickten Mathematiker, Bouguer, besiegt wurde, der damals in der Blüthe seines Talents stund und schon zehn Jahre lang Professor der Hydrographie in einer Seestadt war.

Euler bewarb sich zu gleicher Zeit um einen Lehrstuhl an der Universität Basel; aber das Loos entscheidet zwischen den zur Bewerbung um diese Stellen zugelassenen Gelehrten, und es war, wir wollen nicht sagen Euler'n, sondern seinem Vaterlande, das ihn wenige Tage darauf und für

immer verlor, nicht günstig. Zwei Jahre zuvor waren Nicolaus und Daniel Bernoulli nach Rußland berufen worden. Euler, der sie mit Bedauern scheiden sah, erhielt von ihnen das Versprechen, daß sie ihm dieselbe Ehre auszuwirken suchen wollten, nach der er dürstete, und man darf sich dessen nicht wundern. Der Glanz der Hauptstadt eines großen Reiches — jener Glanz, der sich über die Arbeiten, deren Schauplatz, und über die Menschen, deren Wohnung sie ist, verbreitet und dadurch ihre Herrlichkeit zu erhöhen scheint, kann leicht die Jugend verführen und den freien, aber in Dunkelheit und Armuth lebenden Bürger einer kleinen Republik fesseln. Die beiden Bernouilli waren ihrem Worte getreu und gaben sich, um einen so furchtbaren Mitbewerber um die Palme in ihre Nähe zu ziehen, eben so viele Mühe, als sich gewöhnliche Menschen hätten geben können, um ihre Nebenbuhler ferne zu halten.

Euler trat seine Reise unter traurigen Vorbedeutungen an: er erfuhr bald, daß Bernouilli bereits ein Opfer des rauhen Klimas geworden sey; und derselbe Tag, an dem er den Boden des russischen Reiches betrat, war auch der Todestag Katharina's I., ein Ereigniß, das im ersten Augenblicke die Academie, deren Gründung diese Fürstin, den Absichten ihres Gemahles gemäß, so eben vollendet hatte, mit einer nahen Auflösung zu bedrohen schien. Ferne von seinem Vaterlande und nicht wie Daniel Bernoulli im Besitze eines berühmten und geachteten Namens, den er in die Heimath hätte zurückbringen können, faßte Euler den Entschluß, in die russische Marine zu treten: schon hatte ihm einer der Admirale Peter's I. eine Stelle versprochen, als sich zum Glücke für die Mathematik die gegen die Wissenschaften sich erhobenen Gewitterwolken zerstreuten. Euler erhielt den Titel Professor, wurde im Jahr 1733 Daniel Bernouilli's Nachfolger, als sich dieser berühmte Mann in sein Vaterland zurückzog, und verheirathete sich in demselben Jahre mit einer Landsmännin, Fräulein Gsell, der Tochter eines Malers, welchen Peter I. bei der Rückkehr von seiner ersten Reise mit nach Rußland genommen hatte. Nun fühlte Euler, um den Ausdruck Bacon's zu gebrauchen, daß er dem Schicksale Geisel gegeben hatte, und daß das Land, wo er für seine Familie einen Herd zu gründen hoffen konnte, ein nothwendiges Vaterland für ihn geworden war. In einer Nation geboren, bei welcher alle Regierungen wenigstens den Anschein und die Sprache republikanischer Verfassungen bewahren; bei welcher, ungeachtet die Unterscheidungen noch mehr Wirklichkeit haben als die Kluft welche die ersten Sklaven eines Despoten von dem letzten seiner Unterthanen trennt,

alle Formen der Gleichheit sorgfältig gewahrt werden; bei welcher sich die Achtung, die man den Gesetzen schuldig ist, auf die gleichgültigsten Gebräuche erstreckt, wenn diese nur durch hohes Alter und durch die allgemeine Meinung geheiligt sind, — fand sich Euler in ein Land versetzt, in welchem der Fürst eine unumschränkte Gewalt ausübt, in welchem das heiligste Gesetz der absoluten Regierungen, das Gesetz, welches die Thronfolge bestimmt, damals unsicher und verachtet war; in welchem Günstlinge beinahe despotisch über ein willenloses Volk regierten; und zwar in dem Augenblicke, da dieses Reich von einem ehrgeizigen, mißtrauischen und grausamen Fremdlinge beherrscht, unter Biren's Tyrannei seufzte und den Gelehrten, welche Ruhm, Vermögen und Ruhe zum Genuß der Freuden der Wissenschaft in seinem Schooße suchten, einen eben so abschreckenden als belehrenden Anblick bot.

Man fühlt, was in Euler's Seele vorgehen mußte, als er sich durch eine Kette, die er nicht mehr brechen konnte, an diesen Aufenthalt band; vielleicht verdankt man diesem Umstande seines Lebens jene Beharrlichkeit in der Arbeit, die er sich damals zur Gewohnheit machte, und die sein einziger Haltpunkt in einer Hauptstadt wurde, in welcher man nur noch Satelliten oder Feinde des Ministers fand, wovon die Einen seinem Argwohne zu schmeicheln, die Andern sich demselben zu entziehen suchten. Das machte einen so starken Eindruck auf Euler, daß er ihn noch 1741 behielt, als er — ein Jahr nach Biren's Sturze, dessen Zwingherrschaft einer gemäßigtern und menschlichern Regierung Platz machte — Petersburg verließ, um sich nach Berlin zu begeben, wohin ihn der König von Preußen berufen hatte. Er wurde der Königin-Mutter vorgestellt; diese Fürstin fand Gefallen an der Unterhaltung aufgeklärter Männer, und empfing sie mit jener edeln Vertraulichkeit, durch welche sich an den Fürsten das Gefühl einer persönlichen, von ihrem Range unabhängigen Größe verräth und welche einer der characteristischen Züge dieser erlauchten Familie geworden. Indessen blieb Euler auch gegen die Königin von Preußen immer einsylbig; sie machte ihm diese Schüchternheit, diese Verlegenheit, die sie nicht zu verdienen glaubte, zum Vorwurf. *Warum sprechen Sie denn nicht mit mir?* fragte sie ihn. — *Madame,* antwortete er, *weil ich aus einem Lande komme, wo man gehangen wird, wenn man spricht.*

Bei dem Punkte angelangt, von den unberechenbaren Arbeiten Euler's Rechenschaft zu geben, fühle ich die Unmöglichkeit, sie ins Einzelne zu ver-

folgen, jene Menge von Entdeckungen, neuen Methoden, geistreichen Ansichten auseinanderzusetzen, die in mehr als dreißig einzeln herausgegebenen Werken und in beinahe siebenhundert Aufsätzen zerstreut sind, von denen ungefähr zweihundert, welche vor seinem Tode in der Academie von Petersburg niedergelegt wurden, dazu bestimmt sind, nacheinander die Sammlung zu bereichern, welche von derselben herausgegeben wird.

Aber ein besonderer Zug scheint mir diesen Gelehrten von den berühmten Männern zu unterscheiden, welche bei Verfolgung derselben Laufbahn einen Ruhm erlangten, den der seinige nicht verdunkelt hat: der nämlich, die mathematischen Wissenschaften in ihrer Universalität umfaßt, die verschiedenen Theile nacheinander vervollkommnet, und durch Bereicherung aller mit wichtigen Entdeckungen einen heilsamen Umschwung in ihrer Behandlungsweise hervorgerufen zu haben. Ich glaube deßhalb, durch ein methodisches Gemälde der verschiedenen Zweige dieser Wissenschaften, worauf die Fortschritte und glücklichen Veränderungen, die jeder derselben dem Genie Euler's zu verdanken hat, bezeichnet sehen, wenigstens so viel in meinen Kräften liegt, einen richtigen Begriff von diesem großen Manne zu geben, der vermöge der Vereinigung so vieler außerordentlichen Eigenschaften so zu sagen ein Phänomen war, wie uns die Geschichte der Wissenschaften noch kein Beispiel aufgestellt hatte.

Die Algebra war lange Zeit nur eine sehr beschränkte Wissenschaft gewesen; diese Methode, den Begriff Größe nur in dem letzten Grade der Abstraction zu fassen, dessen der menschliche Geist fähig ist; die Strenge, mit welcher man Alles von diesem Begriffe trennt, was die Einbildungskraft beschäftigen und dadurch dem Verstande irgend einen Anhalts- oder Ruhepunkt geben könnte; endlich die bis auf's Aeußerste getriebene Allgemeinheit der Zeichen, welche diese Wissenschaft gebraucht, entfrembete sie gewissermaßen unserer Natur zu sehr, entfernte sie von unsern gewöhnlichen Fassungskräften zu weit, als daß sich der menschliche Geist leicht damit hätte befreunden und daran gewöhnen können. Selbst der Gang der algebraischen Methoden schreckte noch die zu diesen Meditationen am meisten geeigneten Geister; sowie der Gegenstand, den man verfolgt, nur etwas verwickelt ist, so zwingen sie uns, denselben ganz zu vergessen, um nur an ihre Formeln zu denken; der Weg, dem man folgt, ist sicher, aber das Ziel, bei dem man ankommen wird, der Punkt, von dem man ausgegangen ist, verschwinden dem Blicke des Mathematikers beide gleich sehr, und lange Zeit gehörte Muth zu dem Wagestücke, das Land aus dem Ge-

sichte zu verlieren und sich auf Treu und Glauben einer neuen Wissenschaft anzuvertrauen. Darum sieht man auch, wenn man die Augen auf die Werke der großen Mathematiker des verflossenen Jahrhunderts richtet, selbst bei denjenigen, welchen die Algebra die wichtigsten Entdeckungen verdankt, wie wenig sie an die Führung des Werkzeuges gewöhnt waren, das sie so sehr vervollkommneten, und man kann sich nicht enthalten, den Umschwung, welcher die algebraische Analysis zu einer lichtvollen, universellen, auf Alles anwendbaren und selbst leichten Methode gemacht hat, als das Werk Euler's zu betrachten.

Nachdem er über die Form der Wurzeln, der algebraischen Gleichungen, über ihre allgemeine Auflösung, über die Elimination oder Wegschaffung störender Größen mehrere neue Theorien und geistreiche oder tiefe Ansichten aufgestellt hatte, übertrug Euler seine Untersuchungen auf die Berechnung der transcendentalen Größen. Leibnitz und die beiden Bernouilli theilen sich in den Ruhm, die Exponential- und logarithmischen Functionen in die algebraische Analyse eingeführt zu haben; Cotes hatte das Mittel gegeben, die Wurzeln gewisser algebraischer Gleichungen durch Sinus oder Cosinus darzustellen. Eine glückliche Anwendung dieser Entdeckungen führte Euler auf die Wahrnehmung der besondern Verhältnisse der Exponential- und logarithmischen Größen zu den im Kreise entstehenden Transcendentalgrößen, und in Folge deren zur Auffindung der Methoden, mittelst derer er es ihm gelang, durch Entfernung der imaginären Glieder aus der Lösung der Aufgaben, (welche sich darunter gemengt und dadurch die Rechnung verwickelt hätten, obwohl man wußte, daß sie sich vernichten mußten), sowie durch Zurückführung der Formeln auf einen einfachern und bequemern Ausdruck, demjenigen Theile der Analysis, der auf die Fragen der Astronomie und Physik angewendet wird, eine ganz neue Form zu geben. Diese Form ist von allen Mathematikern angenommen worden; sie ist allgemein in Gebrauch gekommen, und hat in diesem Theile der Rechnungslehre beinahe denselben Umschwung hervorgebracht, wie die Entdeckung der Logarithmen in den gewöhnlichen Rechnungen.

So wird in gewissen Epochen, wann nach großen Anstrengungen die mathematischen Wissenschaften alle Hülfsquellen des menschlichen Geistes erschöpft und das ihrem Vorschreiten gesteckte Ziel erreicht zu haben scheinen, auf einmal eine neue Rechnungsmethode in diese Wissenschaften eingeführt und gibt ihnen eine neue Gestalt; bald sieht man sie sich durch die Lösung einer großen Anzahl wichtiger Aufgaben bereichern, mit denen sich

die Mathematiker nicht zu befassen gewagt hatten, weil sie durch die Schwierigkeit, und so zu sagen die physische Unmöglichkeit, ihre Rechnungen bis zu einem wirklichen Resultate fortzuführen, abgeschreckt worden waren. Vielleicht würde es die Gerechtigkeit fordern, demjenigen, der diese Methoden einzuführen und brauchbar zu machen wußte, einen Theil des Ruhmes aller derjenigen zuzuerkennen, die sie mit Erfolg anwenden. Jedenfalls aber hat er Rechte auf ihre Dankbarkeit, die sie nicht bestreiten können.

Die Analysis der Serien beschäftigte unsern Euler beinahe in allen Epochen seines Lebens; sie bildet sogar einen Theil seiner Werke, in welchem sich jene Gewandtheit, jener Scharfblick, jener Reichthum an Mitteln und Hülfsquellen, wodurch sie sich auszeichnen, am Glänzendsten zeigen.

Die von Brucker erfundenen Kettenbrüche schienen bei den Mathematikern beinahe in Vergessenheit gerathen zu seyn. Euler vervollkommnete ihre Theorie, vervielfältigte ihre Anwendung und gab ihre ganze Wichtigkeit zu erkennen. Seine beinahe völlig neuen Untersuchungen über die Reihen unendlicher Producte bieten Hülfsmittel, welche zur Lösung einer großen Menge nützlicher oder merkwürdiger Fragen nothwendig sind, und hauptsächlich durch Bildung neuer Reihenformen und durch Anwendung derselben nicht nur zur Ermittlung annähernder Werthe, womit man sich so oft begnügen mußte, sondern auch zur Entdeckung absoluter und voller Wahrheiten, wußte Euler diesen Zweig der Analysis zu bereichern, der heutzutage einen so ungeheuern Umfang hat, und vor ihm auf eine kleine Zahl von Methoden und Anwendungen beschränkt war.

Die Integralrechnung, die fruchtbarste Mutter der Entdeckungen, welche die Menschen je besaßen, hat durch die Werke Euler's eine neue Gestalt gewonnen; er hat alle Methoden, die vor ihm angewendet oder vorgeschlagen wurden, vervollkommnet, erweitert und vereinfacht; man verdankt ihm die allgemeine Lösung der Lineargleichungen, die erste Grundlage jener so mannigfaltigen und so nützlichen Approximationsformeln. Eine Menge besonderer, auf verschiedene Principien gegründeter Methoden sind in seinen Werken zerstreut, und in seiner Schrift über die Integralrechnung zusammengestellt; hier sieht man ihn mittels einer glücklichen Anwendung der Substitutionen entweder Gleichungen, die keiner der bekannten Methoden zugänglich schienen, auf eine solche bringen, oder Gleichungen höherer Ordnungen auf die ersten Differentialgleichungen zurückführen; bald leitet er bei Betrachtung der Form der Integralen die Bedingungen der Differentialgleichungen daraus ab, denen sie genügen können; bald führt ihn die

Untersuchung der Form der Factoren, welche eine Differentialgeichung vollständig machen, auf Bildung der allgemeinen Klassen von Integralgleichungen; bisweilen bietet ihm eine besondere Eigenschaft, die er an einer Gleichung bemerkt, ein Mittel zur Ausscheidung der unbestimmten Größen, welche darein vermengt bleiben zu müssen schienen, ein anderes Mal, wenn sich eine Gleichung, bei der sie getrennt sind, den gewöhnlichen Methoden entzieht, gelingt es ihm durch Einmischung dieser unbestimmten Größen die Integrale zu erkennen.

Auf den ersten Blick mögen Wahl und Erfolg dieser Mittel gewissermaßen scheinbar dem Zufall angehören; indessen nöthigt uns ein so häufiger und so sicherer Erfolg zur Anerkennung einer andern Ursache, und es ist nicht immer unmöglich, den Faden zu verfolgen, der das Genie geleitet hat. Wenn man z. B. die Form der von Euler gebrauchten Substitutionen betrachtet, wird man oft entdecken, was ihn vorhersehen ließ, daß diese oder jene Operation die Wirkung hervorbringen werde, die er bedurfte; und wenn man die Form prüft, welche er bei einer seiner schönsten Methoden den Factoren einer Gleichung der zweiten Ordnung supponirt, so wird man sehen, daß er bei einer von denjenigen stehen geblieben, welche dieser Ordnung von Gleichungen besonders angehören. Zwar ist diese Gedankenfolge, welche einen Analytiker dabei leitet, nicht sowohl eine Methode, deren Gang er entwickeln könnte, als eine Art besondern Instinktes, von dem sich schwer Rechenschaft geben ließe; und oft will er lieber die Geschichte seiner Gedanken verschweigen, als sich dem Verdachte aussetzen, darin einen sinnreichen, hinterher ersonnenen Roman gegeben zu haben.

Euler hat bemerkt, daß die Differentialgleichungen besonderer Lösungen fähig sind, welche in der allgemeinen Lösung nicht mitinbegriffen sind. Auch Clairaut hat dieselbe Beobachtung gemacht; aber Euler hat später gezeigt, warum diese besondern Integralen aus der allgemeinen Lösung ausgeschlossen seyen, und er ist der Erste, der sich mit dieser später durch mehrere berühmte Mathematiker vervollkommneten Theorie beschäftigte, bei welcher die Abhandlung des Herrn von Lagrange über die Natur dieser Integralen und ihren Gebrauch bei der Lösung der Aufgaben nichts zu wünschen übrig gelassen hat.

Wir wollen noch einen Theil dieser Rechnung nennen, welcher Euler'n beinahe ganz angehört; es ist derjenige, welcher besondere Integralen für einen gewissen bestimmten Werth der unbekannten Größen sucht, die in der Gleichung enthalten sind. Diese Theorie ist um so wichtiger, als die all-

gemeine Integrale unsern Nachforschungen oft durchaus entgeht, und bei denjenigen Aufgaben, bei welchen ein annähernder Werth der Integrale den Absichten, die man im Auge hat, nicht genügt, die Kenntniß dieser besondern Integralen diesen Mangel ersetzen kann. In der That lernt man alsdann wenigstens für gewisse Punkte den vollen Werth kennen, und dies muß, verbunden mit der Kenntniß eines annähernden allgemeinen Werthes, beinahe allen Bedürfnissen der Analyse genügen.

Niemand hat einen ausgedehnteren und glücklicheren Gebrauch von den Methoden gemacht, welche den der Wahrheit immer näher und näher kommenden Werth einer bestimmten Größe durch Differentialgleichungen geben, wenn man schon einen ersten Werth von ihr hat. Ebenso beschäftigte sich Euler auch mit Auffindung eines directen Mittels, unmittelbar aus der Gleichung selbst einen Werth abzuleiten, der dem wahren so nahe käme, daß man die aus ihrer Differenz erhobenen Potenzen außer Acht lassen könnte; eines Mittels, ohne welches die von den Mathematikern angewendeten Approximationsmethoden sich nicht auf die Gleichungen erstrecken könnten, für welche die Beobachtungen oder besondere Rücksichten diesen erstern Werth nicht geben, dessen Kenntniß diese Methoden voraussetzen.

Was wir gesagt haben, reicht hin, um zu zeigen, bis wieweit Euler die Natur der Differentialgleichungen, die Quelle der Schwierigkeiten, die sich der Integrirung entgegensetzen, und die Mittel, sie zu vermeiden oder zu überwinden, ergründete; sein Hauptwerk über diesen Gegenstand ist nicht nur eine kostbare Sammlung neuer und ausgedehnter Methoden, sondern es ist auch eine fruchtbare Fundgrube, die kein Mensch, der mit einigem Talente begabt ist, durchwandern kann, ohne reiche Ausbeute daraus zu gewinnen. Man kann von diesem, wie von vielen andern Theilen der Arbeiten Euler's sagen, daß die Methoden, die er enthält, noch lange Zeit nach ihm zur Lösung wichtiger und schwieriger Fragen dienen, und daß seine Werke noch mehr als Eine Entdeckung hervorrufen und mehr als Einen Mann berühmt machen werden.

Die Rechnung mit den endlichen Differenzen war beinahe nur durch das dunkle, aber sehr viel Scharfsinn verrathende Werk Taylor's bekannt; Euler machte sie zu einem wichtigen Zweige der Integralrechnung, gab ihr eine einfache und bequeme Bezeichnung und gebrauchte sie mit Erfolg bei der Theorie der Verhältnißfolgen oder Progressionen, bei der Untersuchung ihrer Summen oder ihrer allgemeinen Ausdrücke, bei der Ermittelung der Wurzel der bestimmten Gleichungen, bei dem Verfahren, mittels

einer leichten Rechnung den annähernden Werth der unendlichen Producte oder Summen gewisser Zahlen zu erhalten.

Herr d'Alembert ist es, dem die Entdeckung der Rechnung mit den partiellen Differenzen wirklich angehört; denn ihm verdankt man die Kenntniß der allgemeinen Form ihrer Integralen; aber in den ersten Werken d'Alembert's sah man mehr das Resultat der Rechnung, als die Rechnung selbst. Euler ist es, dem man ihre Verzeichnung verdankt; er machte sie sich durch die tiefe Theorie, mittelst der es ihm gelang, eine große Anzahl dieser Gleichungen aufzulösen, die Formen der Integralen für die verschiedenen Ordnungen und die verschiedene Anzahl veränderlicher Größen zu unterscheiden, diese Gleichungen, wenn sie gewisse Formen haben, auf gewöhnliche Integrationen zu bringen, und die Mittel zu finden, die sich von diesen Formen entfernenden Gleichungen durch glückliche Substitutionen auf dieselben zurückzuführen, mit Einem Worte dadurch zu eigen, daß er in der Natur der Gleichungen partieller Differenzen mehrere jener besondern Eigenthümlichkeiten entdeckte, welche ihre allgemeine Theorie so schwierig und so anziehend machen: Eigenschaften, die von der Mathematik beinahe unzertrennlich sind, bei welchen der Grad der Schwierigkeit so oft das Maaß des Interesses, das man an einer Frage nimmt, das Maaß der Ehre ist, die man an eine Entdeckung knüpft. Der Einfluß einer neuen Wahrheit auf die Wissenschaft selbst oder auf irgend eine wichtige Anwendung ist der einzige Vortheil, der diesem Verdienste der überwundenen Schwierigkeit bei Menschen die Wage halten könnte, für die das Vergnügen, eine Wahrheit zu finden, stets im Verhältnisse zu den Anstrengungen steht, welche es sie gekostet hat.

Euler hatte keinen Theil der Analysis vernachlässigt; er erläuterte einige der Theorien Fermat's über die unbestimmte Analysis (l'analyse indéterminée) und fand mehrere weitere, die nicht minder merkwürdig, nicht minder schwer zu entdecken waren. Auch der Zug des Springers im Schachspiel und verschiedene andere Situations-Probleme stachelten seine Neugierde und übten seinen Geist; er mengte diese Erholungen unter die wichtigsten Untersuchungen, welche sie an Schwierigkeit oft noch übertrafen, wiewohl sie beinahe von gar keinem Nutzen für die Fortschritte und die bis dahin versuchten Anwendungen der Wissenschaft selbst waren. Euler hatte einen zu klaren Verstand, um nicht zu fühlen, wie unpassend es sey, diesen Spielen der bloßen Neugierde lange nachzuhängen, aber er hatte zugleich einen zu weiten Gesichtskreis, um nicht zu sehen, daß sie offenbar

nur für den Augenblick unnütz seyen, und daß das einzige Mittel, sie nützlich zu machen, darin bestehe, sie zu ergründen und zu verallgemeinern.

Die Anwendung der Algebra auf die Geometrie hatte seit Descartes beinahe alle Mathematiker des verflossenen Jahrhunderts beschäftigt; aber Euler bewies, daß sie lange nicht Alles erschöpft hatten. Man verdankt ihm neue Untersuchungen über die Zahl der Punkte, welche eine krumme Linie bestimmen, deren Grad bekannt ist, und die Zahl der Durchschnitte der Linien verschiedener Grade; deßgleichen verdankt man ihm die allgemeine Gleichung der Curven, deren Evoluten der ersten, zweiten, dritten, überhaupt irgend welcher Ordnung der erzeugenden Curve gleich sind; eine durch ihre äußerste Einfachheit merkwürdige Gleichung.

Die allgemeine Theorie der krummen Flächen war wenig bekannt, und Euler ist der Erste, der sie in einem Elementarwerke entwickelt hat; er fügte die Lehre von den berührenden Radien dieser Flächen hinzu und gelangte zu dem eigenthümlichen Schluß, daß die Krümmung eines Elementes der Fläche durch zwei von den berührenden Radien der Curven bestimmt wird, welche von dem Durchschnitt der Fläche und einer Ebene gebildet werden, die durch die Senkrechte nach dem gegebenen Punkte geht; daß diese Radien der größte und der kleinste von allen denjenigen sind, welche zu der Reihenfolge der auf diese Art gebildeten Curven gehören, und daß sie endlich immer in Ebenen liegen, die unter einander senkrecht sind.

Er fand ferner eine Methode, die Flächen zu bestimmen, welche auf einer Ebene entwickelt werden können, und eine Theorie der geographischen Projectionen der Kugel. Diese beiden Werke enthalten eine Anwendung der Rechnung mit den partiellen Differenzen auf geometrische Aufgaben, eine Anwendung, die auf viele interessante Fragen ausgedehnt werden kann, und deren erste Idee man Euler'n zu verdanken hat.

Seine Untersuchungen über die Curven, die auf einer Kugel gezogen, algebraisch rectificirt oder auf gerade Linien zurückgeführt werden können, und über die krummen Flächen, von denen diejenigen Theile, welche Theilen einer gegebenen Ebene entsprechen, unter einander gleich sind, haben ihn auf eine neue Art von Analysis geführt, der er den Namen unbestimmte Infinitesimal-Analysis gibt; weil, wie bei der gewöhnlichen unbestimmten Analysis die Größen, welche willkürlich bleiben, gewissen Bedingungen unterworfen sind; und wie die unbestimmte Analysis bisweilen zur Vervollkommnung der Algebra dienen konnte, betrachtete

Euler seine neue Analysis als eine Wissenschaft, welche dereinst den Fortschritten der Integralrechnung förderlich sein dürfte.

In der That dürfen diese besonderen Fragen, welche nicht zu dem methodischen Systeme der mathematischen Wissenschaften gehören, welche nicht auf die Anwendungen eingehen, die man davon machen kann, nicht blos als Mittel zur Uebung der Kräfte oder zur Verherrlichung des mathematischen Genies angesehen werden. Bei den Wissenschaften beginnt man beinahe immer mit dem besonderen Anbau einiger vereinzelten Theile; im selben Maaßstabe wie sich die Entdeckungen allmälig häufen, treten auch die Bande, welche diese Theile verknüpfen, eines nach dem andern an's Licht, und in der Regel verdankt man die Hauptentdeckungen, welche in der Geschichte des menschlichen Geistes Epoche machen, erst dem Lichte, welches aus dieser Vereinigung entspringt.

Die Aufgabe, die Curven oder Flächen zu bestimmen, für welche gewisse unendliche Functionen größer oder kleiner sind als für alle übrigen, hatte die größten Mathematiker des verflossenen Jahrhunderts beschäftigt. Die Lösungen der Aufgaben des festen Körper von dem geringsten Widerstande, der Curve des schnellsten Falles, der größten der isoperimetrischen Flächen waren in Europa berühmt gewesen. Die allgemeine Methode der Auflösung war in diesen Lösungen und besonders in der von Jacob Bernoulli über die Frage von den isoperimetrischen Flächen gegebenen versteckt, — einer Arbeit, welche diesem Gelehrten einen Vorrang vor seinem Bruder gegeben hatte, den so viele späteren Meisterwerke Johann Bernoulli's nicht in Vergessenheit zu bringen vermochten. Aber es war nöthig, diese Methode zu entwickeln, es war nöthig, sie auf allgemeine Formeln zurückzuführen, und das that Euler in einem 1744 gedruckten Werke, welches eines der schönsten Denkmale seines Genie's ist. Um diese Formeln zu finden, war er zur Anwendung der Lehre von den krummen Linien genöthigt gewesen. Fünfzehn Jahre später löste ein junger Mathematiker (Herr von Lagrange), der in seinen ersten Versuchen einen würdigen Nachfolger Euler's verrieth, dieselbe Aufgabe auf rein analytischem Wege. Euler war der Erste, der diese neue Anstrengung der Rechnungskunst bewunderte; er ließ es sich angelegen seyn, die neue Methode auseinanderzusetzen, die Grundsätze derselben anzugeben und sie mit derjenigen Klarheit und Eleganz zu entwickeln, durch welche sich alle seine Werke auszeichnen. Nie erhielt, nie gewährte das Genie eine schönere Huldigung, und nie zeigte es sich über jene kleinlichen Leidenschaften erhabener,

welche die Theilung eines Körnchens Ruhm in gewöhnlichen Menschen so lebendig und heftig macht.

Wir wollen diese Besprechung der Arbeiten Euler's über die reine Analysis mit der Bemerkung schließen, daß es ungerecht wäre, seinen Einfluß auf die Fortschritte der Mathematik auf die zahllosen Entdeckungen zu beschränken, mit denen seine Werke angefüllt sind. Die Verbindungen, die er zwischen allen Theilen einer so unermeßlichen Wissenschaft eröffnet, die allgemeinen Gesichtspunkte, die er oft nicht angiebt, die aber dem aufmerksamen Geiste nicht entgehen; die Wege die er zugänglich zu machen und durch Wegräumung der größten Hindernisse anzubahnen sich begnügt, sind wieder ebenso viele Wohlthaten, durch die sich die Wissenschaften bereichern und deren sich die Nachwelt erfreuen wird, während sie vielleicht die Hand vergißt, welcher sie dieselben verdankt.

Die Schrift über Mechanik, welche Euler 1736 herausgab, ist das erste große Werk, in welchem die Analysis auf die Lehre von der Bewegung angewendet worden. Die Menge neuer oder auf neue Art vorgetragener Gegenstände, welche in dieser Schrift vorkommen, würde die Mathematiker überwältigt haben, wenn Euler nicht den größeren Theil schon einzeln herausgegeben gehabt hätte.

In seinen zahlreichen Arbeiten über dieselbe Wissenschaft war er immer der Analysis getreu, und der glückliche Gebrauch, den er davon machte, verdiente dieser Methode den Vorzug, den sie endlich über alle übrigen erhielt.

Die Lösung der Aufgabe, die Bewegung eines Körpers zu finden, der in den Raum geschleudert, von zwei festen Punkten angezogen wird, ist durch die Kunst berühmt geworden, mit welcher Substitutionen, deren Form Euler so gut vorauszusehen wußte, ihn darauf gebracht haben, Gleichungen, die vermöge ihrer Verwicklung und Form als unauflöslich angesehen werden konnten, auf die Quadraturen zurückzuführen.

Er wandte die Analysis auf die Bewegung eines festen Körpers von einer gegebenen Gestalt an, und sie leitete ihn auf das schöne von Segner gefundene Theorem: *daß sich ein Körper von irgend welcher Gestalt mit gleichförmiger Bewegung frei um drei unter sich perpendiculäre Achsen drehen kann*; auf die Kenntniß mehrerer besonderer Eigenschaften dieser drei Hauptachsen, und endlich auf die allgemeinen Gleichungen der Bewegung eines Körpers, was auch seine Gestalt und das Gesetz der beschleunigenden Kräfte, die auf seine Elemente und auf einige seiner Theile wirken, seyn mögen.

Das Problem der Saitenschwingungen und alle zur Theorie des Schalles oder der Gesetze der Oscillationen der Luft gehörenden Aufgaben wurden durch die neuen Methoden, womit er die Rechnung der partiellen Differenzen bereicherte, der Analysis unterworfen. Eine auf dieselbe Rechnung gegründete Theorie der Bewegung der Flüssigkeiten setzte durch das helle Licht, das Euler auf so schwierige Fragen warf, und durch die Leichtigkeit, die er Methoden zu geben wußte, welche auf eine so tiefe Analyse gegründet waren, in Erstaunen.

Alle Aufgaben der physischen Astronomie, welche in diesem Jahrhunderte abgehandelt wurden, erhielten ihre Lösung durch analytische Methoden, welche Euler'n angehören. Seine Berechnung der Störungen der Erdbahn, besonders seine Theorie des Mondes sind Muster der Einfachheit und Präcision, die man in diese Methoden bringen kann; und wenn man das letztgenannte Werk liest, erstaunt man nicht weniger über die Geduld und Beharrlichkeit, bis zu welcher es ein Mann von großem Genie bringen kann, der von dem Verlangen beseelt ist, über eine wichtige Frage nichts zu thun übrig zu lassen.

Die Astronomie wandte nur geometrische Methoden an; Euler fühlte, was er Alles von dem Beistande der Analysis hoffen konnte, und bewies es durch Beispiele, die seitdem von mehreren berühmten Gelehrten nachgeahmt wurden, und dereinst dieser Wissenschaft eine neue Gestalt zu geben vermögen.

Er behandelte die Schifffahrtskunde in einem großen Werke, welchem eine gelehrte Analysis zur Basis dient, und in welchem er die schwierigsten Fragen jenen allgemeinen und fruchtbaren Methoden unterwirft, die er so gut zu schaffen und anzuwenden wußte. Lange Zeit darnach veröffentlichte er über denselben Gegenstand einen Elementargrundriß dieses Lehrbuchs, in welchem er Alles, was praktischen Nutzen haben kann, und was diejenigen wissen müssen, die sich dem Seedienste widmen, unter der einfachsten Form gibt. Obgleich vom Verfasser blos für die Schulen des russischen Reiches bestimmt, erwarb ihm dieses Werk doch ein Geschenk von Seiten des Königs von Frankreich, welcher der Meinung war, daß Arbeiten, die allen Menschen nützlich sind, Rechte auf die Anerkennung aller Herrscher haben, und welcher zeigen wollte, daß so seltene Talente selbst an den äußersten Enden Europa's sich weder seinen Blicken noch seinen Wohlthaten entziehen können. Euler fühlte sich von diesem Zeichen der Achtung eines mächtigen Königs sehr geschmeichelt; und es erhielt in seinen Augen einen neuen Werth durch die Hand, die es ihm zerstellte; es war die Hand des Ministers Turgot,

eines wegen seiner Kenntnisse, wie wegen seiner Tugenden in ganz Europa geachteten Mannes, der dazu geschaffen war, der Meinung eher zu gebieten, als zu gehorchen, und dessen Urtheil, stets von der Wahrheit und niemals von dem Wunsche, den öffentlichen Beifall auf sich selbst zu ziehen, geleitet, einem Gelehrten schmeicheln konnte, der zu sehr an den Ruhm gewöhnt war, um noch für den Lärm des Rufes empfänglich zu seyn.

In Menschen von höherem Geiste kann sich die äußerste Einfalt des Charakters mit denjenigen Eigenschaften des Geistes verbinden, welche die größte Gewandtheit oder das feinste Gefühl zu verrathen scheinen; darum wußte auch Euler trotz dieser Einfalt, die sich nie verläugnete, mit einem allerdings stets nachsichtigen Scharfblicke die Huldigungen einer aufgeklärten Bewunderung von denjenigen zu unterscheiden, welche die Eitelkeit an große Männer verschwendet, um sich wenigstens das Verdienst der Begeisterung zu sichern.

Seine Arbeiten über die Dioptrik sind auf eine weniger tiefe Analyse gegründet, und man ist versucht, ihm dies als eine Art von Opfer Dank zu wissen. Die verschiedenen Strahlen, aus denen ein Sonnenstrahl gebildet ist, erleiden in demselben Medium verschiedene Brechungen; dadurch von den Nachbarstrahlen getrennt, erscheinen sie allein oder weniger gemischt und erwecken das Gefühl der Farbe, die ihnen eigen ist; diese Brechbarkeit ist in den verschiedenen Mitteln für jeden Strahl verschieden, und folgt einem Gesetze, welches nichts mit demjenigen der mittleren Brechung in diesen Medien gemein hat. Diese Beobachtung führte auf den Glauben, zwei ungleiche und aus verschiedenen Stoffen bestehende Priemen könnten, mit einander verbunden, einen Strahl von seiner Bahn ablenken, ohne ihn zu zersetzen, oder vielmehr indem sie durch eine dreifache Brechung die Elementarstrahlen wieder in parallele Richtung bringen.

Von der Wahrheit dieser Muthmaßung konnte bei den Brillen die Zerstörung der Regenbogenfarben abhängen, welche die durch Linsengläser geschehenen Gegenstände färben. Euler war von der Möglichkeit des Erfolges nach dem metaphysischen Satze überzeugt, daß, wenn das Auge aus verschiedenen Flüssigkeiten zusammengesetzt worden, dies einzig und allein in der Absicht geschehen sey, die Wirkungen der Brechbarkeitsabirrung aufzuheben; es handelte sich also nur um das Bestreben, die Operation der Natur nachzuahmen, und er schlug die Mittel dazu nach einer Theorie vor, die er sich gebildet hatte. Seine ersten Versuche munterten die Physiker auf, sich mit einem Gegenstande zu beschäftigen, den sie vernachläßigt zu haben schienen; ihre Be-

obachtungen stimmten nicht mit Euler's Theorie überein, aber sie bestätigten die Ansichten, die er über die Vervollkommnung der Brillen gehabt hatte. Nun über die Gesetze der Zerstreuung in den verschiedenen Mitteln von ihnen belehrt, ging er von seinen ersten Ideen ab, unterwarf die Resultate ihrer Beobachtungen der Berechnung und bereicherte die Dioptrik mit einfachen, bequemen, allgemeinen und auf alle Instrumente, die man fertigen kann, anwendbaren analytischen Formeln.

Man hat von Euler ferner einige Versuche über die allgemeine Theorie des Lichtes, dessen Phänomene er mit dem Gesetze der Oscillationen eines Fluidums zu vereinigen suchte, weil ihm die Hypothese der Emission der Strahlen in gerader Linie unübersteigliche Schwierigkeiten darzubieten schien. Auch die Theorien des Magnets, der Fortpflanzung des Feuers, die Gesetze der Cohäsion der Körper und die Gesetze der Reibungen gaben ihm Gelegenheit zu gelehrten Rechnungen, die sich leider mehr auf Hypothesen als auf Beobachtungen stützten.

Die Wahrscheinlichkeits-Rechnung, die politische Arithmetik wurden ebenfalls Gegenstand seiner unermüdlichen Arbeiten; wir erwähnen hier nur seine Untersuchungen über die Sterblichkeitstabellen, und über die Mittel, sie mit mehr Genauigkeit von den Erscheinungen abzuleiten; seine Methode, ein Mittel unter Beobachtungen anzunehmen; seine Rechnungen über die Einrichtung einer Leihkasse, deren Zweck es ist, den Wittwen, den Kindern eine bestimmte Summe oder Rente, zahlbar nach dem Tode eines Gatten oder eines Vaters, zu sichern; ein sinnreiches, von philosophischen Mathematikern erfundenes Mittel, dem sittlichen Uebel, welches aus der Aussetzung der Leibrenten entspringt, das Gegengewicht zu halten und die kleinsten Ersparnisse für die Familien nutzbar zu machen, welche das Haupt derselben an seinem täglichen Erwerb oder an dem Ertrage eines Geschäftes oder einer Stelle machen kann.

Daniel Bernoulli theilte mit Euler allein den Ruhm, dreizehn Preise in der Academie der Wissenschaften davon getragen zu haben; oft bearbeiteten sie dieselben Gegenstände, und theilten auch die Ehre des Sieges über einander unter sich, ohne daß diese Nebenbuhlerschaft je die gegenseitigen Achtungsbezeugungen aufgehoben oder ihr Freundschaftsgefühl kälter gemacht hätte. Wenn man die Gegenstände untersucht, in welchen der Eine den Sieg über den Andern davon trug, so sieht man, daß der Erfolg hauptsächlich von dem Charakter ihres Talentes abhieng; wenn die Frage Gewandtheit in der Art und Weise, sie in's Auge fassen, eine glückliche An-

wendung der Erfahrung, oder geistreiche und neue Ansichten in der Physik erforderte, war der Vortheil auf Seiten Daniel Bernoulli's; waren nur große Rechnungsschwierigkeiten zu überwinden, galt es neue Methoden der Analyse zu schaffen, so trug Euler den Sieg davon. Und wenn man vermessen genug seyn könnte, zwischen ihnen zu entscheiden, so dürfte man nicht zwischen zwei Menschen, sondern zwischen zwei Geistesarten, zwischen zwei Anwendungsweisen des Genies entscheiden.

Wir würden nur eine sehr unvollkommene Idee von der Fruchtbarkeit Euler's gegeben haben, wenn wir zu diesem schwachen Versuche eines Umrisses seiner Arbeiten nicht noch hinzusetzen würden, daß es wenige wichtige Gegenstände gibt, auf die er nicht wiederholt zurückgekommen wäre, indem er sein erstes Werk mehrere Male neu machte; bald setzte er an die Stelle einer directen und analytischen Methode eine indirecte; bald dehnte er seine erste Lösung auf Fälle aus, die ihm Anfangs entgangen waren, und setzte immer neue Beispiele hinzu, die er mit besonderer Kunst unter denjenigen auszuwählen wußte, welche entweder irgend eine nützliche Anwendung oder eine auffallende Bemerkung darboten; die bloße Absicht, seiner Arbeit eine methodischere Form zu geben, mehr Klarheit über sie zu verbreiten, ihr einen neuen Grad von Einfachheit mitzutheilen, genügte für ihn, um ihn zu unermeßlichen Arbeiten zu bestimmen; nie hat ein Mathematiker so viel geschrieben, und nie hat Einer seinen Werken einen solchen Grad von Vollendung gegeben. Wenn er eine Schrift über einen neuen Gegenstand veröffentlichte, legte er den Weg, den er durchlaufen hatte, einfach dar, machte auf die Schwierigkeiten und Abwege desselben aufmerksam; und hatte er dann seine Leser dem Gange seines Geistes in seinen ersten Versuchen gewissenhaft folgen lassen, so zeigte er ihnen auch, wie es ihm gelungen, einen einfacheren Weg zu finden. Man sieht, daß er die Belehrung seiner Schüler dem kleinlichen Genusse, sie in Staunen zu setzen, vorzog, und daß er nicht genug für die Wissenschaft zu thun glaubte, wenn er zu den neuen Wahrheiten, womit er sie bereicherte, nicht auch die einfache natürliche Auseinandersetzung des Gedankenganges fügte, der ihn darauf geleitet hatte.

Diese Methode, so alle Zweige der Mathematik zu umfassen, so zu sagen alle Fragen und Theorieen immer vor der Seele zu haben, war für Euler eine Entdeckungsquelle, die beinahe allen übrigen Menschen verschlossen und ihm allein offen war. So bot sich ihm im Verlaufe seiner Arbeiten bald eine besondere Methode, Gleichungen durch Differenzirung zu

integriren, bald leitete ihn eine Bemerkung über eine Frage der Analysis oder der Mechanik auf die Lösung einer sehr verwickelten Differentialgleichung, die den directen Methoden unzugänglich war; oft ist es eine dem Anscheine nach sehr schwierige Aufgabe, die er in einem Augenblicke mittels einer höchst einfachen Methode löst, oder eine Aufgabe, welche elementarischer Natur scheint, und deren Lösung Schwierigkeiten hat, die er nur durch große Anstrengungen zu überwinden vermag; ein anderes Mal bieten ihm Combinationen besonderer Zahlen, Reihen von neuer Form Fragen, die durch ihre Neuheit reizen oder ihn auf unerwartete Wahrheiten *leiten*. Sorgfältig bemerkte alsdann Euler, daß er die Entdeckungen dieser Art dem Zufalle verdanke; damit schmälert er jedoch sein Verdienst nicht, denn man sah leicht, daß dieser Zufall nur einem Manne begegnen konnte, der mit einem ungeheuren Umfange von Kenntnissen den seltensten Scharfblick verband. Uebrigens sollte man ihn vielleicht um dieser Aufrichtigkeit willen nicht loben, und hätte sie ihm auch einen kleinen Theil seines Ruhmes gekostet; große Geister kennen selten jene kleinlichen Ränke der Eigenliebe welche nur dazu dienen, diejenigen in den Augen der aufgeklärten Richter zu verkleinern, welche in der Meinung der Menge durch sie gehoben werden; sey es, weil der Mann von Geist fühlt, daß er nie größer ist, als wenn er sich gibt, wie er ist, oder daß die Meinung nicht die Herrschaft über ihn hat, die sie mit so viel Tyrannei über die andern Menschen ausübt.

Wenn man das Leben eines großen Mannes liest, scheint es, — sey es Ueberzeugung von der Unvollkommenheit, die an der menschlichen Schwäche haftet, sey es, daß die Gerechtigkeit, deren wir fähig sind, nicht bis zur Anerkennung einer Ueberlegenheit an Unseresgleichen reicht, über die uns nichts tröstet; sey es, daß uns die Idee der Vollkommenheit an einem Andern noch mehr verwundert oder demüthigt, als die Idee der Größe, — Bedürfniß für uns zu seyn, eine schwache Seite an Jenem zu finden; man sucht irgend einen Fehler, der uns in unsern eigenen Augen erheben könnte, und ist unwillkürlich zum Mißtrauen gegen die Aufrichtigkeit des Schriftstellers geneigt, wenn er uns nicht diese schwache Seite zeigt, wenn er nicht den ungelegenen Schleier lüftet, der diese Mängel bedeckt.

Euler schien sich bisweilen nur der Lust am Rechnen hinzugeben, und den Gegenstand der Mechanik oder Physik, den er untersuchte, nur als Gelegenheit zur Uebung seines Geistes und zur Hingebung an seine herrschende Leidenschaft zu betrachten. Darum haben ihm auch die Gelehrten vorgeworfen, er habe seine Mühe bisweilen an physikalische Hypothesen, oder sogar an metaphy-

fische Principien, deren Wahrscheinlichkeit oder feste Grundlage er nicht hinreichend untersucht gehabt hätte, verschwendet; sie machten ihm auch den Vorwurf, sich zu ausschließlich an die Hülfsmittel der Berechnung gehalten und diejenigen Hülfsmittel aus den Augen gelassen zu haben, die ihm die Untersuchung der Fragen selbst an die Hand geben konnte, welche er zu lösen unternahm. Wir gestehen, daß der erste Vorwurf nicht ohne Grund war; wir bekennen, daß in Euler'n der Metaphysiker oder selbst der Physiker nicht so groß war als der Mathematiker; und man muß es ohne Zweifel bedauern, daß mehrere Theile seiner Werke, z. B. seine Arbeiten über die Schifffahrtskunde, über die Artillerie, beinahe nur dem Fortschreiten des wissenschaftlichen Calculs förderlich waren; aber wir glauben, daß der zweite Vorwurf weit weniger verdient war. Ueberall in seinen Werken sieht man unsern Euler damit beschäftigt, die Reichthümer der Analyse zu vermehren, ihre Anwendungen auszudehnen und zu vervielfältigen; in derselben Zeit, in welcher sie als sein einziges Werkzeug erscheint, sieht man, daß er sie zu einem universellen Werkzeug machen wollte. Der natürliche Fortschritt der mathematischen Wissenschaften mußte diesen Umschwung mit sich bringen, aber er sah ihn so zu sagen unter seinen Augen vor sich gehen; seinem Genie verdanken wir ihn; er war der Preis seiner Anstrengungen und seiner Entdeckungen. Also selbst dann, wenn er die Analysis zu mißbrauchen und alle Geheimnisse derselben zu erschöpfen schien, um eine Frage zu lösen, für die ihm einige der Rechnung fremde Reflexionen eine einfache und leichte Lösung gegeben hätten, suchte er oft nur die Stärke und die Hülfsquellen seiner Kunst zu zeigen; und man muß es ihm nachsehen, wenn seine Arbeiten bisweilen, wo sie sich mit einer andern Wissenschaft zu beschäftigen scheinen, wieder der Förderung und Ausbreitung der Analysis gewidmet waren, weil der Umschwung, der die Frucht derselben war, eines seiner ersten Anrechte auf die Dankbarkeit der Menschen, und einen seiner gegründetsten Ansprüche auf den Ruhm bildete.

Ich glaubte, die Besprechung der Arbeiten Euler's im Einzelnen nicht durch die Erzählung der äußerst einfachen und sehr wenig Abwechslung darbietenden Vorfälle seines Lebens unterbrechen zu dürfen. Er ließ sich 1741 in Berlin nieder und blieb dort bis 1766. Die Fürstin von Anhalt-Dessau, eine Nichte des Königs von Preußen, Friedrich's des Großen, wünschte einige Vorlesungen über Physik von ihm zu hören; diese Vorlesungen wurden unter dem Namen Briefe an eine deutsche Prinzessin veröffentlicht: ein kostbares Werk wegen der besonderen Klarheit,

mit welcher die wichtigsten Wahrheiten der Mechanik, der physischen Astronomie, der Optik und der Theorie des Schalls auseinandergesetzt sind, und wegen der sinnreichen Ansichten, die zwar weniger Philosophie aber mehr Gelehrsamkeit verrathen, als diejenigen, um deren willen Fontenelle's Pluralität der Welten das System der Wirbel überlebte. Der Name Euler's, der in den Wissenschaften so groß ist, der imposante Begriff, den man sich von seinen Werken bildet, welche zur Aufklärung der schwierigsten und abstraktesten Theile der Analysis bestimmt waren, geben diesen so einfachen und verständlichen Briefen einen besondern Reiz. Wer die Mathematik nicht studirt hat, erstaunt und fühlt sich vielleicht geschmeichelt, ein Werk Euler's verstehen zu können, und weiß ihm Dank dafür, daß er sich zu seiner Fassungskraft herabgelassen; und diese elementarischen Details der Wissenschaften erlangen eine Art Größe durch die nahe Beziehung, in die man sie mit dem Namen und Geiste des berühmten Mannes stellt, welcher sie entworfen hat.

Der König von Preußen gebrauchte Euler zu Berechnungen über die Münzen, zur Anlage der Wasserleitungen in Sans-Souci, zur Prüfung mehrerer Schifffahrtskanäle. Dieser Fürst war nicht zu dem Glauben geboren, große Talente und tiefe Kenntnisse seyen stets überflüssige oder gefährliche Eigenschaften, und das Glück, nützlich seyn zu können, sey ein Vortheil, den die Natur der Unwissenheit und Mittelmäßigkeit vorbehalten.

Im Jahr 1750 machte Euler die Reise nach Frankfurt, um dort seine Mutter, damals eine Wittwe, nach Berlin abzuholen. Er hatte das Glück, sie bis 1761 bei sich zu haben. Eilf Jahre lang erfreute sie sich an dem Ruhme ihres Sohnes, wie sich ein Mutterherz daran erfreuen kann, und ward vielleicht durch seine zärtliche und beständige Sorgfalt, deren Werth dieser Ruhm erhöhte, noch glücklicher.

Während seines Aufenthaltes in Berlin glaubte Euler, welchen Bande der Dankbarkeit an Herrn von Maupertuis knüpften, jenes Princip der geringsten Wirkung vertheidigen zu müssen, auf welches der Präsident der preußischen Academie die Hoffnung auf einen so großen Namen gebaut hatte. Das Mittel, welches Euler wählte, konnte nicht leicht von einem Andern angewendet werden, als von ihm; er bestand darin, einige der schwierigsten Aufgaben der Mechanik durch dieses Princip zu lösen. So ließen sich in den fabelhaften Zeiten die Götter herab, für die Krieger, denen sie wohlwollten, Waffen zu bereiten, die den Stößen ihrer Gegner undurchdringlich waren. Wir möchten wünschen, Euler's Dankbarkeit hätte

sich auf eine so edle und seiner so würdige Gunst beschränkt; aber man kann sich nicht bergen, daß er in seinen Antworten an König *) zu viel Härte zeigte, und es ist schmerzlich für uns, einen großen Mann unter die Feinde eines unglücklichen und verfolgten Gelehrten zählen zu müssen. Glücklicher Weise sichert Euler'n sein ganzes Leben vor einem schwereren Verdachte; ohne jene Einfalt, ohne jene Gleichgültigkeit gegen den Ruhm, die er beständig an den Tag legte, hätte man glauben können, die Witze eines berühmten Anhängers König's (Witze, welche Voltaire selbst nachher zu einer gerechten Vergessenheit verdammte), hätten den Charakter des gelehrten und friedlichen Mathematikers umgewandelt; aber wenn er damals einen Fehler beging, so kann dieser bloß dem Uebermaaße seiner Dankbarkeit zugeschrieben werden; aus einem achtbaren Gefühle war er einmal in seinem Leben ungerecht.

Als die Russen im Jahr 1760 in die Mark Brandenburg eingedrungen waren, plünderten sie einen Maierhof, welchen Euler bei Charlottenburg hatte. Aber der General Tottleben war nicht gekommen, um mit den Wissenschaften Krieg zu führen. Benachrichtigt von dem Verlust, welchen Euler erlitten hatte, beeilte er sich, ihn zu ersetzen, gab dem Gelehrten eine Entschädigung, die weit über dem wirklichen Werthe des Verlorenen stand, und meldete diesen unfreiwilligen Mangel an Rücksicht gegen ihn der Kaiserin Elisabeth, die zu einer schon weit mehr als hinreichenden Schadloshaltung noch ein Geschenk von viertausend Gulden fügte. Dieser Zug ist in Europa nicht bekannt geworden, und doch erzählen wir mit Begeisterung einige ähnliche Handlungen, von welchen uns die Alten berichten; ist dieser Unterschied in unsern Urtheilen nicht ein Beweis von jenen glücklichen Fortschritten des Menschengeschlechtes, welche von einigen Schriftstellern noch hartnäckig geläugnet werden, offenbar in der Absicht, damit man sie nicht als Mitschuldige derselben anklage.

Die russische Regierung hatte Euler'n nie als einen Fremden behandelt; trotz seiner Abwesenheit war ihm stets ein Theil seiner Besoldung ausbezahlt worden; und als ihn die Kaiserin 1766 wieder nach Petersburg berief, willigte er ein, dahin zurückzukehren.

Im Jahr 1735 hatten ihm die Anstrengungen, die ihn eine astronomische Rechnung gekostet hatte, zu welcher die übrigen Academiker mehrere Monate forderten und die er in wenig Tagen vollendete, eine Krankheit zugezogen,

*) Professor König in Franeker, welcher Maupertuis's Princip bekämpfte und die Idee dazu Leibnitz beilegte.

in Folge deren er ein Auge verlor; er hatte Grund zur Befürchtung, völlig blind zu werden, wenn er sich von Neuem einem Klima aussetzte, dessen Einfluß ihm nachtheilig war. Das Interesse seiner Kinder brachte ihn über diese Furcht hinweg; und wenn man bedenkt, daß das Studium eine ausschließliche Leidenschaft für Euler war, so wird man ohne Zweifel urtheilen, daß wenige Beispiele der Vaterliebe besser bewiesen haben, daß sie das mächtigste und süßeste unserer Gefühle ist.

Er wurde wenige Jahre darnach wirklich von dem Uebel befallen, das er vorausgesehen hatte; aber zum Glücke für ihn und für die Wissenschaft behielt er noch das Vermögen, grobe Schriftzüge auf einer Schiefertafel zu unterscheiden; seine Söhne, seine Schüler schrieben seine Rechnungen ab, und seine noch übrigen Aufsätze diktirte er ihnen in die Feder; und urtheilt man nach ihrer Anzahl und oft auch nach dem Geiste, den man wieder darin findet, so könnte man glauben, die noch vollendetere Abwesenheit aller Zerstreuung, und die neue Spannkraft, welche alle seine Seelenkräfte durch diese erzwungene Sammlung erhielten, habe ihm mehr gegeben, als ihm die Schwächung seines Gesichts an Leichtigkeit und Mitteln zur Arbeit habe nehmen können.

Ueberdies hatte sich Euler durch die Natur seines Geistes, durch die Gewohnheit seines Lebens unwillkürlich außerordentliche Hülfsmittel geschaffen. Betrachtet man jene großen analytischen Formeln, die an ihm so selten waren und in seinen Werken so häufig vorkommen, und deren Zusammensetzung und Entwicklung so viel Einfachheit und Eleganz in sich vereinigt, deren Form sogar das Auge, wie den Geist anspricht, so sieht man, daß sie nicht die Frucht einer auf dem Papier verzeichneten Rechnung waren, sondern, ganz allein in seinem Kopfe entstanden, durch eine eben so mächtige als thätige Einbildungskraft darin geschaffen wurden. Es gibt in der Analysis (und Euler hat ihre Anzahl bedeutend vermehrt) Formeln, welche allgemein und beinahe täglich angewendet werden; er hatte sie stets vor Augen, er wußte sie auswendig, er sagte sie im Gespräche her; und d'Alembert erstaunte, als er ihn zu Berlin besuchte, über eine Gedächtnißübung, die in Euler's Geist so viel Ordnung und Lebenskraft zugleich voraussetzte. Endlich hatte er im Kopfrechnen eine Gewandtheit, die man kaum glauben könnte, wenn man nicht durch die Geschichte seiner Arbeiten an Wunder gewöhnt wäre. Um seinen Enkel in der Wurzelausziehung zu üben, bildete er sich die Tabelle der sechs ersten Potenzen aller Zahlen von 1 bis 100 und behielt sie genau im Gedächtniß. Zwei seiner Schüler

hatten eine ziemlich verwickelte convergirende Reihe bis zu ihrem siebzehnten Gliede berechnet; ihre Resultate wichen, ob sie gleich durch schriftliches Rechnen gefunden worden waren, in der fünfzigsten Ziffer um eine Einheit von einander ab; sie theilten diesen Streit ihrem Lehrer mit; Euler machte die ganze Rechnung im Kopfe, und seine Entscheidung stimmte mit der Wahrheit überein.

Seitdem er das Gesicht verloren, hatte er keine andere Erholung mehr, als künstliche Magnete zu machen und einem seiner Enkel, der ihm glückliche Anlagen zu verrathen schien, Unterricht in der Mathematik zu geben.

Er besuchte bisweilen noch die Academie, besonders unter den schwierigen Verhältnissen, in denen er durch seine Anwesenheit zur Erhaltung der Freiheit in derselben beitragen zu können glaubte. Man fühlt, wie sehr ein lebenslänglicher, vom Hofe ernannter Präsident die Ruhe der Academie stören kann, und was sie Alles zu befürchten hat, wenn derselbe, nicht aus der Klasse der Gelehrten gewählt, selbst in dem Gedanken, daß sein Ruf der Stimme seiner Collegen bedarf, keine Schranke erkennt. Wie könnten alsdann Männer, die einzig und allein mit ihren mühevollen Arbeiten beschäftigt sind und nur die Sprache der Wissenschaften zu reden verstehen, sich vertheidigen, besonders wenn sie fremd, vereinzelt, fern von ihrem Vaterlande ganz von der Regierung abhängen, von der sie Schutz gegen das Oberhaupt fordern sollen, welches ihnen von derselben Regierung gegeben worden? Aber es gibt eine Stufe des Ruhmes, auf der man über die Furcht erhaben ist; wenn sich ganz Europa gegen ein persönliches Unrecht erheben würde, das einem großen Manne widerfährt, so kann dieser ohne Gefahr die Auctorität seines Namens dagegen in die Wagschale legen, und zu Gunsten der Wissenschaften eine Stimme erheben, der man nicht Schweigen gebieten kann. So einfach, so bescheiden Euler war, so fühlte er seine Stärke, und wendete sie mehr als ein Mal mit glücklichem Erfolge an.

Im Jahr 1771 wurde die Stadt Petersburg von einer furchtbaren Feuersbrunst heimgesucht; die Flammen ergriffen Euler's Haus. Ein Baseler, Peter Grimm (dessen Name ohne Zweifel erhalten zu werden verdient) hört von der Gefahr seines großen, blinden und leidenden Landsmannes; er stürzt sich in die Flammen, dringt bis zu ihm durch, nimmt ihn auf seine Schultern und rettet ihn mit Gefahr seines Lebens; die Bibliothek, das Hausgeräthe Euler's wurden ein Raub der Flammen; aber der Eifer des Grafen Orloff rettete seine Manuscripte, und diese Aufmerksamkeit mitten im Schrecken und Getümmel dieses furchtbaren Unglücks ist

eine der aufrichtigsten und schmeichelhaftesten Huldigungen, welche die öffentliche Stimme jemals dem Genius der Wissenschaften dargebracht hat. Euler's Haus war ein Geschenk der Kaiserin gewesen; ein neues Geschenk ersetzte schnell den Verlust desselben.

Er hatte von seiner ersten Frau dreizehn Kinder, von denen acht in zartem Alter starben; seine drei Söhne überlebten ihn, und er hatte das Unglück, seine beiden Töchter in seinem letzten Lebensjahre zu verlieren; von achtunddreißig Enkeln lebten noch sechsundzwanzig zur Zeit seines Todes. Im Jahr 1776 ging er eine zweite Ehe ein, mit Fräulein Gsell, der Schwester des Vaters seiner ersten Gattin. Er hatte die ganze Sitteneinfalt beibehalten, von der ihm das Vaterhaus das Beispiel gegeben. So lange er das Gesicht behielt, versammelte er alle Abende seine Enkel, seine Dienstboten, und diejenigen seiner Zöglinge, welche bei ihm wohnten, zum gemeinschaftlichen Gebete; er las ihnen ein Kapitel aus der Bibel und begleitete dasselbe oft mit einer kleinen Predigt.

Er war sehr religiös; man hat von ihm einen neuen Beweis für das Daseyn Gottes und die geistige Natur der Seele; dieser letztere wurde selbst von mehreren Schulen der Theologie angenommen. Er hatte die Religion seines Vaterlandes, den strengen Calvinismus, genau beibehalten, und scheint sich nicht, wie die meisten protestantischen Gelehrten, gestattet zu haben, besondere Meinungen anzunehmen und sich selbst ein Glaubenssystem zu bilden.

Sein Wissen, besonders in der Geschichte der Mathematik, war außerordentlich umfangreich. Man behauptete, er sey so weit in der Wißbegierde gegangen, daß er sich sogar über die Fortschritte und Regeln der Astrologie unterrichtet, und selbst einige Male Gebrauch davon gemacht habe. Als man ihm jedoch 1740 Befehl gab, dem Prinzen Iwan das Horoscop zu stellen, lehnte er dies mit der Bemerkung von sich ab: dies sey das Geschäft des Herrn Kraaff, der als Hofastronom zur Bestellung desselben verpflichtet war. Dieser Aberglaube, den man um jene Zeit am russischen Hofe zu finden erstaunt, war ein Jahrhundert früher an allen Höfen Europa's allgemein; die Höfe Asiens haben das Joch desselben noch nicht abgeschüttelt, und man muß bekennen, daß es bis jetzt, wenn man die allgemeinen Grundsätze der Moral ausnimmt, keine Wahrheit gibt, die sich rühmen könnte, so allgemein und so lange anerkannt worden zu seyn, als viele Irrthümer, die entweder lächerlich oder verderblich waren.

Euler hatte beinahe alle Zweige der Physik, Anatomie, Chemie und

Botanik studirt; aber seine Ueberlegenheit in der Mathematik gestattete ihm nicht, auch nur den geringsten Werth auf seine Kenntnisse in den übrigen Wissenschaften zu legen, wiewohl diese ausgedehnt genug waren, um einem für die Kleinlichkeit der Eigenliebe empfänglicheren Manne Ansprüche auf eine Art Universalität zu geben.

Das Studium der alten Literatur und der gelehrten Sprachen hatte einen Theil seiner Erziehung gebildet, er behielt sein ganzes Leben lang den Geschmack daran bei und vergaß nichts von dem, was er gelernt hatte; aber nie hatte er Muße oder Lust, seine ersten Studien fortzusetzen; er hatte die neueren Dichter nicht gelesen, und die Aeneis wußte er auswendig. Indessen verlor Euler selbst, wenn er die Verse Virgil's hersagte, die Mathematik nicht aus dem Gesichte; Alles war dazu geeignet, ihn an diesen beinahe ausschließlichen Gegenstand seiner Gedanken zu erinnern, und man findet in seinen Werken eine gelehrte Abhandlung über eine Frage der Mechanik, von der er erzählt, daß ihm ein Vers der Aeneis die erste Idee dazu gegeben.

Man hat gesagt, für einen Mann von großem Talente sey das Vergnügen der Arbeit ein noch süßerer Lohn, als der Ruhm; wenn diese Wahrheit eines Beweises durch Beispiele bedürfte, so ließe das Beispiel Euler's nicht daran zweifeln.

Nie entfiel ihm in seinen gelehrten Erörterungen mit berühmten Mathematikern ein einziges Wort, das den Verdacht erwecken könnte, er habe sich mit den Interessen seiner Eigenliebe beschäftigt; nie sprach er irgend eine seiner Entdeckungen als Eigenthum an, und wenn ein Anderer in Euler's Werken etwas als das seinige zurückforderte, so beeilte er sich, eine unfreiwillige Ungerechtigkeit wieder gut zu machen, ohne nur genau zu untersuchen, ob die strenge Gerechtigkeit eine unbedingte Verzichtleistung von ihm verlange. Hatte man einen Irrthum darin hervorgehoben, so vergaß er den Vorwurf, wenn er unbegründet war, und verbesserte, wenn er Grund hatte, den Fehler, ohne nur an die Bemerkung zu denken, daß das Verdienst derjenigen, welche sich rühmten, seine Fehler gefunden zu haben, oft nur in einer leichten Anwendung der Methoden die er selbst gelehrt, auf solche Theorien die er zuvor durch Wegräumung der größten Schwierigkeiten angebahnt hatte, bestand.

Mittelmäßige Menschen suchen sich beinahe immer mit einer Strenge geltend zu machen, welche dem hohen Begriffe angemessen ist, den sie von ihrem Urtheile oder Geiste Anderen beizubringen wünschen; unerbittlich

gegen Alles, was sich gegen sie erhebt, verzeihen sie selbst dem untergeordneten Talente nicht; man möchte sagen, ein geheimes Gefühl erinnern sie daran, wie sehr es ihnen noth thue, die Andern herabzusetzen. In Euler dagegen war die erste Regung, wenn ihm einige glückliche Versuche in die Augen fielen, das Talent sogleich zu preisen, ohne zuvor darauf zu warten, bis ihn die öffentliche Meinung um sein Urtheil bitten würde. Mit demselben Eifer, mit derselben Beharrlichkeit, womit er eine neue Wahrheit verfolgt haben würde, deren Entdeckung seinen Ruhm erhöhet hätte, sieht man ihn seine Zeit darauf verwenden, seine Werke wieder von vorn anzufangen, sie zu beleuchten und selbst schon gelöste Aufgaben, die ihm nur noch das Verdienst einer größeren Eleganz und bessern Methode übrig ließen, wieder zu lösen. Ueberdieß hätte ihm, wenn der glühende Durst nach Ruhm in seinem Charakter begründet gewesen wäre, die Aufrichtigkeit seines Wesens nicht gestattet, die Regungen desselben zu verbergen. Aber dieser Ruhm, mit dem er sich so wenig beschäftigte, suchte ihn auf. Die außerordentliche Fruchtbarkeit seines Genies fiel selbst denjenigen auf, die nicht im Stande waren, seine Werke zu verstehen; obgleich er sich ausschließlich der Mathematik hingab, verbreitete sich doch sein Name unter Menschen, welche dieser Wissenschaft durchaus fremd waren; und er war für ganz Europa nicht nur ein großer Mathematiker, sondern ein großer Mann. Es ist in Rußland gebräuchlich, Männern, die dem Kriegsdienste durchaus fremd sind, militärische Titel zu geben; dieß ist eine Huldigung, die man dem Vorurtheile zollt, welches diesen Stand als den einzigen edeln Beruf betrachten ließ, und zugleich ist es eine Anerkennung der ganzen Falschheit dieses Vorurtheils; einige Gelehrte haben sogar den Grad eines Generalmajors erhalten; Euler erhielt und wollte keinen derartigen Titel. Welcher Titel konnte auch den Namen Euler ehren? Und überdieß macht es die Rücksicht auf die natürlichen Rechte des Menschen, welche gewahrt seyn wollen, gewissermaßen zur Pflicht, das Beispiel einer weisen Gleichgültigkeit gegen diese so kindischen, aber so gefährlichen Flitter der menschlichen Eitelkeit zu geben.

Die meisten nordischen Fürsten, die ihn persönlich kannten, gaben ihm Beweise ihrer Achtung oder vielmehr der Verehrung, die man der Verbindung einer so schlichten Tugend mit einem so umfassenden und tiefen Geistes nicht versagen konnte. Der Kronprinz von Preußen kam auf seiner Reise nach Petersburg dem Besuche Euler's zuvor, und brachte einige Stunden am Bette dieses berühmten Greises zu, indem er seine Hände in

den seinigen hielt und auf seinen Knieen einen Enkel Euler's schaukelte, den seine frühzeitigen Anlagen zur Mathematik zum besondern Gegenstande seiner väterlichen Zärtlichkeit gemacht hatten.

Alle berühmten Mathematiker unserer Tage sind Euler's Schüler; es gibt nicht Einen unter ihnen, der sich nicht durch das Lesen seiner Werke gebildet, der die Formeln und die Methode, die er anwendet, nicht von ihm erhalten hätte, der bei seinen Entdeckungen nicht von seinem Genie geleitet und unterstützt würde. Diese Ehre verdankt Euler dem Umschwunge, den er in den mathematischen Wissenschaften hervorgerufen, indem er sie alle der Analyse unterwarf; seiner Kraft zur Arbeit, die es ihm möglich machte, den ganzen Kreis dieser Wissenschaften zu umfassen; der Ordnung, die er in seine Hauptwerke zu legen wußte; der Einfachheit, der Eleganz seiner Formeln; der Klarheit seiner Methoden und Beweise, welche durch die Menge und Auswahl seiner Beispiele noch erhöht wird. Weder Newton noch selbst Descartes, deren Einfluß so mächtig war, erlangten diesen Ruhm, und bis jetzt besitzt ihn Euler, der einzige unter den Mathematikern, ganz und ungetheilt.

Als Lehrer aber bildete er Schüler, die noch in engerem Sinne ihm angehören. Unter ihnen nennen wir seinen ältesten Sohn, den die Academie der Wissenschaften an seine Stelle berufen, ohne zu befürchten, diese dem Namen Euler wie dem Namen Bernoulli ertheilte ehrenvolle Ernennung zum Nachfolger könnte ein gefährliches Beispiel werden; einen zweiten Sohn, der sich dem Studium der Medicin widmete, aber in seiner Jugend in dieser Academie mit einer Abhandlung über die Störungen der mittleren Bewegung der Planeten einen Preis erhielt; Lexell, den ein frühzeitiger Tod so bald den Wissenschaften geraubt hat; und endlich Fuß, den jüngsten seiner Schüler und den Genossen seiner letzten Arbeiten, der von Daniel Bernoulli aus Basel an Euler geschickt, sich durch seine Werke der Wahl Bernoulli's und des Unterrichtes Euler's würdig erwies, und nachdem er seinem großen Lehrer in der Academie von Petersburg eine öffentliche Huldigung dargebracht, sich mit seiner Enkelin verband.

Von sechszehn Professoren, die an der Academie von Petersburg angestellt waren, sind acht von ihm gebildet worden, und sämmtlich durch ihre Werke bekannt und mit academischen Titeln geschmückt, rühmten sie sich, zu den übrigen auch noch den eines Schülers Euler's setzen zu können.

Er hatte seine vollen Geisteskräfte, und wie es schien, seine ganze Körperkraft behalten; keine Veränderung deutete auf den Verlust hin, der die

Wissenschaften bedrohte. Am 7. September 1783, nachdem er sich zu seinem Vergnügen die Gesetze der aufsteigenden Bewegung der aerostatischen Maschinen, deren eben erst gemachte Entdeckung damals ganz Europa beschäftigte, auf einer Schiefertafel berechnet hatte, speiste er mit Lerell und seiner Familie zu Mittag, und sprach von dem Herschel'schen Planeten und den Rechnungen, die seine Bahn bestimmen; bald darauf ließ er seinen Enkel kommen, mit dem er spielte, während er einige Tassen Thee trank, als ihm plötzlich die Pfeife, die er in der Hand hielt, entfiel, und er aufhörte zu rechnen und zu leben.

Dieß war das Ende eines der größten und außerordentlichsten Männer, welche die Natur je hervorgebracht. Sein Geist war eben so sehr der größten Anstrengungen als der beharrlichsten Arbeit fähig. Er producirte mehr, als man von menschlichen Kräften zu erwarten gewagt hätte, und blieb doch in allen seinen Produktionen originell. Sein Kopf war stets geschäftig und sein Gemüth stets ruhig. Endlich vereinigte er vermöge eines leider allzuseltenen Looses ein beinahe wolkenloses Glück mit einem nie bestrittenen Ruhme, und verdiente beides in so hohem Grade.

Sein Tod wurde selbst in dem Lande, worin er wohnte, als ein öffentlicher Verlust angesehen; die Academie von Petersburg trug feierlich Trauer um ihn, und beschloß ihm auf ihre Kosten eine Marmorbüste zu errichten, die in einem ihrer Versammlungssäle aufgestellt wurde; sie hatte ihm schon während seines Lebens eine außerordentlichere Ehre erwiesen. Auf einem allegorischen Gemälde stützt sich die Mathematik auf ein mit Rechnungen bedecktes Brett, und es sind die Formeln seiner neuen Theorie des Mondes, was die Academie darauf schreiben ließ. So lehrt ein Land das wir am Anfang des achtzehnten Jahrhunderts noch für barbarisch hielten, die aufgeklärtesten Nationen Europa's das Leben und Andenken großer Männer ehren; es gibt diesen Nationen ein Beispiel, wobei mehrere von ihnen erröthen müßten, daß sie ihm nicht zuvor-, ja nicht einmal nachzukommen wußten.

Leonhard Euler's
Briefe an eine deutsche Prinzessin über verschiedene Gegenstände der Physik ꝛc.
Erster Theil.

Erster Brief.
Von der Ausdehnung.

Da die Erfüllung meiner Hoffnung, Ew. Hoheit meinen Unterricht in der Geometrie noch ferner ertheilen zu können, von Neuem weiter hinausgeschoben zu seyn scheint, was ich innigst bedaure, wünschte ich ihn schriftlich zu ersetzen, soweit es das Wesen der betreffenden Lehrgegenstände erlaubt. Ich will daher damit beginnen, daß ich Ew. Hoheit den eigentlichen Begriff zu erklären versuche, welchen man sich von der Größe machen muß, wenn man darunter sowohl die größten als die kleinsten Räume begreift, welche man dermalen in der Welt findet. Zunächst also muß man sich ein gewisses, unsern Sinnen angemessenes Maaß denken, von welchem wir uns einen klaren Begriff machen können, wie z. E. das eines Fußes. Haben wir einmal diese Länge angenommen und uns vergegenwärtigt, so kann sie uns hinfort zur Bestimmung aller möglichen Lingen, sowohl der größten als der kleinsten, dienen; der ersteren, indem wir bestimmen, wie viele Fuße sie enthalten; der letztern, durch Untersuchung, welcher Theil eines Fußes ihnen zukommt, denn hat man einmal die Vorstellung von einem Fuße, so hat man auch die von seiner Hälfte, seinem Viertel, seinem zehnten (zwölften) Theil, den man Zoll nennt; von seinem hundertsten oder tausendsten Theile, welch letzterer so klein ist, daß er dem bloßen Auge fast entgeht. Man muß dabei aber erwägen, daß es Thiere gibt, die nicht größer sind und gleichwohl ihre Glie=

der haben, in denen ihr Blut fließt, und die offenbar wieder noch andere lebende Insekten enthalten, welche im Verhältniß zu ihnen ebenso klein sind, als sie im Vergleiche mit uns. Man ersieht daraus, daß auch die kleinsten Größen wirklich in der Welt existiren und sich noch in weit kleinere Theile getheilt finden. Obwohl z. B. der 10,000ste Theil eines Fußes für unser Auge unbemerkbar ist, übertrifft er noch die Größe eines ganzen Thieres, und müßte diesem sehr groß erscheinen, wenn es einige Fassungskraft hätte. Wir wollen jedoch von diesen kleinen Größen, in denen unser Geist sich verliert, zu größeren übergehn. Ew. Hoheit kennt die Ausdehnung einer Meile, deren man achtzehn zwischen hier (Berlin) und Magdeburg rechnet; man rechnet die Meile zu 24,000 Fuß, und bedient sich dieses Maaßes zur Bestimmung der gegenseitigen Entfernung der Orte auf Erden, um die allzugroßen Zahlen zu vermeiden, welche bei Aufzählung dieser Strecken in Fußen sich ergeben würden. Weiß man nun, daß 24,000 Fuß auf eine Meile gehen, so hat man einen klareren Begriff, wenn man sagt: Magdeburg ist 18 Meilen von Berlin entfernt, als wenn man die Entfernung mit 432,000 Fuß angäbe, weil diese große Zahl beinahe unsre Fassungskraft verwirrt. Gleichfalls erhält man eine richtige Vorstellung von der Größe der ganzen Erde, wenn man erfährt, daß der Umfang der Erde 5400 Meilen beträgt. Da nun die Erde die Gestalt einer Kugel hat, schätzt man den Durchmesser dieser Kugel auf 1720 Meilen, und bekommt hiedurch eine richtige Vorstellung von dem Diameter der Erde als dem Maaße, worin man seither die größten Entfernungen bestimmt, die sich nur am Himmel finden. Unter allen Himmelskörpern steht uns der Mond am nächsten; seine Entfernung von der Erde beträgt etwa nur 30 Erddurchmesser, das ist, 51,600 Meilen oder 1,238,400,000 Fuß; allein das erstgenannte Maaß von 30 Erddurchmessern ist bei Weitem das klarste. — Die Sonne steht uns etwa 300mal ferner als der Mond; setzen wir daher ihre Entfernung zu 9000 Erddurchmessern, so giebt dieß uns einen weit klarern Begriff, als wenn man diese Strecke in Meilen ausdrücken würde. Ew. Hoheit weiß, daß die Erde sich binnen eines Jahres um die Sonne dreht, und daß die Sonne ruhig stehen bleibt; es giebt aber außer der Erde noch fünf andere ähnliche Himmelskörper, die man Planeten nennt und die sich ebenfalls um die Sonne

drehen, und zwar entweder in kleinern Entfernungen, wie Mercur und Venus, oder in größern wie Mars [1], Jupiter, Saturn und Uranus. Alle übrigen Sterne mit Ausnahme der Kometen heißen **Fixsterne**, und sind unverhältnißmäßig weiter von der Erde entfernt als die Sonne. Ihre Entfernungen von uns sind freilich ausnehmend ungleich, und daher kommt es, daß die Einen uns größer erscheinen als die Andern. Der nächste Fixstern ist jedoch gewiß 5000mal weiter entfernt als die Sonne [2], und seine Entfernung beträgt somit mehr als 45 Millionen Erddurchmesser, was in Meilen 77,400 Millionen Meilen ausmachen würde; multiplicirt man diese Zahl noch durch 24,000, so wird man diese wunderbare ungeheure Strecke in Fußen erhalten. Diese Ferne gilt jedoch erst von den unserm Planetensystem zunächst liegenden Fixsternen, und die fernsten, welche wir sehen, sind jedenfalls noch viele Hundertmale weiter entlegen. Inzwischen mag man sich vergegenwärtigen, daß alle diese Sterne zusammengenommen nur einen sehr kleinen Theil des Universums bilden, zu welchem diese ungeheuren Entfernungen sich der Größe nach nicht anders verhalten, als wie ein Sandkorn zum Erdkörper. Dieser ganze unermeßliche Raum ist das Werk des Allmächtigen, der die größten wie die kleinsten Körper lenkt. —

Berlin, 19. April 1760.

[1] Nach Eulers Zeit wurde noch der äußerste der bekannten Planeten, **Uranus**, von Herschel im Jahr 1787 entdeckt. Vom Jahr 1801 bis 1807 wurden zwischen Mars und Jupiter von Piazzi, Olbers und Harding noch die vier Planeten Ceres, Pallas, Juno, Vesta aufgefunden. Der zuletzt bekannt gewordene Planet Asträa wurde am 8. December 1845 von Herrn **Hencke** in Driesen entdeckt; er gleicht einem Stern neunter Größe, hat eine mittlere Entfernung von etwa 53 Millionen Meilen von der Sonne, steht mithin zwischen Juno und Vesta, und durchläuft seine Bahn um die Sonne in etwa 1512 Tagen.

[2] Die Frage von der Entfernung der Fixsterne von der Erde konnte bis auf die neueste Zeit nur hypothetisch beantwortet werden. Der Astronom **Bessel** in Königsberg hat zuerst etwas mehr Licht in dieser Hinsicht verbreitet, indem er in den Jahren 1837 und 1838 für die Parallaxe des Sterns 61 im Sternbilde des Schwans eine Drittelssekunde oder genauer 0", 31. auffand, wornach die Entfernung dieses Sterns von uns ungefähr 12 Billionen Meilen oder 600,000mal die Entfernung der Sonne von der Erde betragen würde. (Vergl. Stern, Himmelskunde. S. 356.) Anm. d. Uebers.

Zweiter Brief.

Von der Geschwindigkeit.

In der Hoffnung, Ew. Hoheit werde die Fortsetzung meines Unterrichts genehmigen, wovon ich mit letzter Post eine Probe einzusenden mir erlaubte, will ich jetzt den Begriff der Geschwindigkeit entwickeln, die eine besondere Art von Größe ist, welche man vermindern oder vermehren kann. Wenn eine Sache von einem Orte zum andern fortgeschafft wird oder fortgeht, mißt man ihr eine Geschwindigkeit bei. Wenn ein reitender und ein fußgehender Bote von Berlin nach Magdeburg gehen, bemerkt man beim Einen wie beim Andern eine gewisse Geschwindigkeit; sagt aber: die Geschwindigkeit sey beim Erstern beträchtlicher als beim letzten. Es handelt sich also darum, zu untersuchen, worin der Unterschied besteht, den wir zwischen diesen beiden Geschwindigkeiten annehmen. Dieser Unterschied liegt nicht im Wege, der für den Reiter wie für den Fußboten gleich groß ist, sondern liegt offenbar nur in der Zeit, binnen welcher der Eine wie der Andre denselben Weg zurücklegt. Die Geschwindigkeit des reitenden Boten ist also größer, weil er in weniger Zeit den Weg von Berlin nach Magdeburg zurücklegt, und die Geschwindigkeit des Fußboten ist geringer, weil er eine größere Zeitfrist zu der Zurücklegung der gleichen Strecke braucht. Daraus folgt also klar, daß man auf zweierlei Arten von Größe Rücksicht nehmen muß: nämlich auf den zurückgelegten Weg, und auf die darüber verstrichene Zeit. Ein Körper also, der in derselben Zeit doppelt so viel Weg zurücklegt, hat eine doppelt so große Geschwindigkeit; durchläuft er in derselben Zeit einen dreimal größern Weg, so gilt seine Geschwindigkeit für dreimal größer u. s. f. Man wird daher die Geschwindigkeit eines Körpers kennen, sobald man den Weg weiß, den er in einer gewissen Zeit durchläuft. Um also die Geschwindigkeit meines Ganges auf dem Wege nach Litzow[1] kennen zu lernen, habe ich mir gemerkt, daß ich 120 Schritte in einer Minute mache; einer meiner Schritte beträgt aber 2½ Fuß; meine Geschwindigeit ist daher der Art, daß ich einen Weg von 300 Fuß in einer Minute durchlaufe. In einer Stunde lege ich einen sechszigmal größern Weg oder 18,000 Fuß zurück, d. h. noch nicht einmal eine Meile, welche 24,000 Fuß hat, und zu deren Zurücklegung ich somit

[1] Ein Dorf, eine Meile von Berlin.

Eine Stunde und 20 Minuten brauchen würde. Wollte ich demnach von Berlin nach Magdeburg gehen, so würde ich dazu gerade 24 Stunden brauchen. Hierin habe ich nun eine genaue Vorstellung von der Geschwindigkeit, mit der ich zu gehen im Stande bin; und daraus geht denn leicht hervor, was eine größere oder kleinere Geschwindigkeit sey. Wenn also ein Courier von hier nach Magdeburg in 12 Stunden gienge, wäre seine Geschwindigkeit zweimal so groß als meinige; legte er den Weg in drei Stunden zurück, so wäre seine Geschwindigkeit dreimal schneller. Wir bemerken in der Welt einen sehr großen Unterschied unter den Geschwindigkeiten. Eine Schildkröte gibt uns ein Beispiel einer sehr geringen Geschwindigkeit; wenn sie nur Einen Fuß in der Minute macht, so hat sie eine dreihundertmal kleinere Geschwindigkeit als ich, weil ich 300 Fuß in einer Minute zurücklege. Wir kennen aber auch viel größere Geschwindigkeiten. Die Geschwindigkeit des Windes ist sehr veränderlich. Ein mittelmäßiger Wind macht 10 Fuß in einer Secunde, oder 600 Fuß in einer Minute; er läuft also noch einmal so geschwind als ich. Ein Wind, der 20 Fuß in einer Secunde, also 1200 in einer Minute durchläuft, muß schon ziemlich stark seyn. Ein Wind, der 50 Fuß in einer Secunde macht, ist sehr heftig, obgleich seine Geschwindigkeit nur zehnmal größer ist als die meinige, und er nur 2 Stunden 24 Minuten braucht, um von Berlin nach Magdeburg zu wehen. Nach ihm kommt die Geschwindigkeit des Schalls, der in einer Secunde 1000 Fuß, also in einer Minute 60,000 Fuß zurücklegt. Seine Geschwindigkeit ist somit 200mal größer, als diejenige, mit der ich gehe. Wenn man nun eine Kanone zu Magdeburg abschösse, und es möglich wäre, daß der Schall bis nach Berlin forttönte, so würde er nur 7 Minuten bis dahin brauchen. Eine Kanonenkugel bewegt sich ungefähr mit derselben Geschwindigkeit; nimmt man aber die stärkste Ladung, so berechnet man, daß sie 2000 Fuß in einer Secunde, also 12,000 in einer Minute durchlaufen könnte. Diese Geschwindigkeit erscheint uns ungeheuer, obgleich sie nur um 400mal größer ist als die, mit der ich nach Litzow gehe; auch ist diese die größste Geschwindigkeit, die man hier auf der Erde antrifft. Unter den Himmelskörpern aber gibt es weit größere Geschwindigkeiten, obgleich uns ihre Bewegungen ganz ruhig scheinen. Ew. Hoheit wissen, daß die Erde sich in 24 Stunden um ihre Achse dreht; also durchläuft unter dem Aequator diese Geschwindigkeit einen

Raum von 5400 Meilen in 24 Stunden, während ich in derselben Zeit nur 18 Meilen durchlaufen kann. Diese Geschwindigkeit ist also 300mal größer als die meinige, und somit kleiner als die größte Geschwindigkeit einer Kanonenkugel. Nun bewegt sich aber die Erde um die Sonne innerhalb eines Jahres, und mit dieser Geschwindigkeit durchläuft sie 128,250 Meilen in 24 Stunden, und diese Geschwindigkeit ist also achtzehnmal schneller als die einer Kanonenkugel. Die größte Geschwindigkeit, die wir kennen, ist ohne Zweifel die Geschwindigkeit des Lichts, das in jeder Minute 2,000,000 Meilen durchläuft, und die also die Geschwindigkeit der Kanonenkugel noch 400,000mal übertrifft.

Den 22. April 1760.

Dritter Brief.

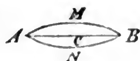
Vom Schall und der Geschwindigkeit.

Die Nachweise über die verschiedenen Grade von Geschwindigkeiten, die ich Ew. Hoheit vorzutragen die Ehre hatte, führen mich auf die Betrachtung des Tons und eines jeden Geräusches überhaupt; ich habe dabei bemerkt, daß immer einige Zeit vergeht, bevor er uns zu Ohren kommt, und daß diese Zeit desto länger ist, je entfernter der Ort ist, woher der Schall kommt, und zwar so daß der Schall eine Secunde Zeit braucht, um sich auf eine Strecke von 1000 Fuß fortzupflanzen.

Wenn man eine Kanone abfeuert, hören diejenigen, die davon entfernt sind, den Schall erst einige Zeit nachdem sie die Flamme des Pulvers gesehen haben. Die, welche eine Meile oder 24,000 Fuß davon entfernt sind, hören den Knall nicht eher als 24 Secunden nach dem Blitze. Ew. Hoheit werden auch oft bemerkt haben, daß der Schall des Donners erst einige Zeit nach dem Blitze zu unsern Ohren kommt; woraus man also beurtheilen kann, wie weit der Ort von uns sey, wo sich der Donner erzeugt hatte. Wenn wir z. B. bemerken, daß zwischen dem Blitze und dem Donner zwanzig Secunden verlaufen, so können wir schließen, daß der Ort des Gewitters zwanzigmal 1000 Fuß von uns entfernt ist, wenn man auf jede Secunde Zeit 1000 Fuß Entfernung rechnet. Diese merkwürdige Eigenschaft führt uns zu der Frage: worin denn der Schall bestehe? ob die Natur des Schalls der Natur des Geruchs ähnlich sey? oder ob sich der Schall auf dieselbe Weise von dem tönenden Körper aus verbreite,

wie der Geruch von einer Blume, wenn diese die Luft mit Ausdünstungen schwängert, welche unsere Geruchsnerven zu reizen im Stande sind? Im Alterthume mag man vielleicht diese Vorstellung gehabt haben; heutzutage aber sind wir fest überzeugt, daß eine Glocke, die man anschlägt, nicht das Mindeste ausströmen kann, was in unsere Ohren gebracht würde, oder vielmehr, daß kein tönender Körper etwas von seiner Substanz verliere. Man braucht nur eine Glocke, wenn sie geschlagen, oder eine Saite, wenn sie gegriffen wird, anzusehen, um gewahr zu werden, daß der Körper sich alsdann in einem Zustand des Zitterns und der Erschütterung befindet, wovon alle seine Theile ergriffen sind. Jeder Körper, der einer solchen Erschütterung in seinen Theilen fähig ist, bringt auch einen Ton hervor. An einer Saite, die nicht gar zu klein ist, kann man deutlich diese Erschütterungen oder Schwingungen sehen, durch welche die gespannte Saite ACB wechselsweise in die Lage AMB und ANB kommt, die ich beide weit sichtbarer vorgestellt habe, als sie in der That sind. Ferner muß man bemerken, daß diese Schwingungen die angränzende Luft in eine ähnliche Schwingung bringen, die sich nach und nach den entferntern Theilen der Luft mittheilt, bis sie endlich unsere Hörwerkzeuge berühren.

Fig. 1.



Die Luft also wird in derartige Schwingungen versetzt, und trägt den Schall weiter bis zu unsern Ohren; daraus geht klar hervor, daß unsere Wahrnehmung eines Schalles nichts Anderes ist als der Umstand, daß unser Ohr durch die Erschütterung berührt wird, welche in derjenigen Luft vorherrscht, die mit unsern Hörorganen in Berührung kommt; wenn wir also den Schall einer angeschlagenen Saite hören, bekommt unser Ohr gerade ebensoviel Schläge, als die Saite in derselben Zeit Schwingungen gemacht hat. Wenn also eine Saite in einer Sekunde 100 Schwingungen gemacht hat, empfängt unser Ohr auch 100 Stöße in einer Sekunde, und die Wahrnehmung dieser Stöße nennen wir den Schall. Folgen diese Schläge gleichförmig auf einander oder in ganz gleichen Zwischenräumen, so ist dieser Schall ein regelmäßiger Ton, wie ihn die Musik fordert. Folgen aber diese Schläge ungleichmäßig oder in ungleichen Zwischenräumen auf einander, so entsteht daraus ein unordentliches Geräusch, das zur Musik ganz ungeeignet ist. Untersuche ich nun die musikalischen Töne, deren Schwingungen gleichförmig geschehen, etwas

genauer, so bemerke ich zuvörderst: daß, wenn die Schwingungen und die Schläge, die das Ohr davon treffen, stärker oder schwächer sind, daraus kein andrer Unterschied entsteht, als der, daß er stärker oder schwächer wird; dieß ist der Unterschied, den die Musiker durch die Worte forte und piano anzeigen. Ein weit wesentlicherer Unterschied ist es aber, wenn die Schwingungen schneller oder langsamer sind, oder wenn mehr oder weniger in einer Secunde geschehen. Wenn somit die eine Saite in einer Secunde 100, die andere aber in einer Secunde 200 Schwingungen macht, sind beider Töne wesentlich von einander verschieden: der erste wird gröber oder tiefer, der andre greller oder höher seyn. Der wahre Unterschied zwischen den hohen und tiefen Tönen ist es also, auf dem die ganze Musik beruht; sie lehrt die Töne, die hinsichtlich ihrer Höhe und Tiefe verschieden sind, in solcher Weise mit einander vereinigen oder aneinander reihen, daß daraus eine angenehme Harmonie entsteht. Bei tiefen Tönen finden daher weniger Schwingungen in gleicher Zeit statt als bei hohen, und jeder Ton auf dem Klavier enthält eine gewisse und bestimmte Anzahl von Schwingungen, die in einer Secunde vollbracht werden. So mach der Ton, der mit dem Buchstaben C bezeichnet wird, ungefähr 100 Schwingungen in einer Secunde, und der Ton, den man durch den Buchstaben $\overset{\equiv}{c}$ bezeichnet, gibt 1600 Schwingungen in einer Secunde. Eine Saite also, die 100mal in einer Secunde erzittert, wird gerade den Ton C geben; wenn sie nur 50mal erzitterte, würde der Ton noch tiefer seyn. Für unsere Ohren gibt es aber gewisse Grenzen, über die hinaus die Töne nicht mehr zu unterscheiden sind. Es scheint, daß wir einen Ton, der weniger als 20 Schwingungen in einer Secunde macht, seiner zu großen Tiefe wegen ebensowenig mehr empfinden können, als einen Ton, der mehr als 4000 Schwingungen in einer Secunde macht, seiner zu großen Höhe wegen [1].

Den 26. April 1760.

[1] Gleichwohl geht aus den Versuchen von Wollaston und Savart hervor, daß 1) diese Gränzen je nach den verschiedenen Individuen wechseln, und daß 2) die mehr oder minder leichte Wahrnehmung sehr hoher oder sehr tiefer Töne eher von ihrer Stärke als von ihrem Höhengrade abhängt.

Vierter Brief.

Von den Consonanzen und Dissonanzen.

...Wir haben oben bemerkt, daß, wenn wir einen einfachen musikalischen Ton hören, unser Ohr von einer Reihe von Schlägen berührt wird, die gleichweit von einander entfernt sind, bei denen die Menge, oder die Anzahl, die in einer gewissen bestimmten Zeit erzweckt wird, den Unterschied zwischen den hohen und tiefen Tönen ausmacht, so daß, je kleiner die Anzahl der Schwingungen oder der Schläge ist, die in einer gewissen Zeit, z. B. einer Minute, hervorgebracht werden, der Ton desto tiefer, und je größer diese Anzahl, der Ton desto höher sey. Die Wahrnehmung eines einzelnen musikalischen Tones kann man also etwa mit einer Reihe gleichweit von einander entfernter Punkte vergleichen, wie .... Je nachdem die Intervallen zwischen diesen Punkten größer oder kleiner sind, wird auch der Ton, der dadurch vorgestellt wird, höher oder tiefer seyn. Es ist auch unstreitig die Wahrnehmung eines einfachen Tones dem Anblick einer solchen Reihe von gleichentfernten Punkten ähnlich oder analog; und man kann also durch dieses Mittel den Augen eben die Sache vergegenwärtigen, welche das Gehör wahrnimmt, wenn es einen Ton hört. Wären die Entfernungen der Punkte nicht gleich und die Punkte unordentlich aneinander gereiht: so gäbe das die Vorstellung eines verwirrten und übellautenden Geräusches. Auf diese Annahme hin wollen wir nun betrachten, welchen Eindruck zwei zu gleicher Zeit gehörte Töne auf das Ohr ausüben müssen. Zuerst ist klar, daß, wenn diese beiden Töne gleich sind, oder je gleichviel Schwingungen in derselben Zeit enthalten, das Ohr von beiden ebenso, wie von einem einzigen afficirt wird. In der Musik sagt man, diese Töne sind all' unisono, welches der einfachste Accord ist, wenn man unter dem Accord die Vermischung zweier oder mehrerer Töne versteht, die auf einmal gehört werden. Wenn aber diese zwei Töne hinsichtlich ihrer Höhe und Tiefe verschieden sind, so wird man eine Vermischung von zwei Reihenfolgen von Schlägen wahrnehmen, in deren jeder die Intervallen unter sich gleich, aber in der einen größer als in der andern sind, weil die einen dem tiefern, die andern dem höhern Tone entsprechen. Eine solche Vermischung, oder ein Accord zweier Töne kann durch zwei Reihen von Punkten vorgestellt werden, die in zwei Linien ab und cd gestellt sind.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11		
a	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	b
c	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	d
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	

Um von diesen beiden Reihen eine genaue Vorstellung zu haben, muß man die Ordnung, die darin herrscht, oder was auf dasselbe hinausläuft, das Verhältniß unter den Zwischenräumen auf der einen und der andern Linie in's Auge fassen. Nummerirt man die Punkte beider Linien und setzt beide 1 unter einander, so werden die beiden 2 schon nicht mehr genau unter einander zu stehen kommen, und die beiden 3 noch weniger. Man sieht vielmehr, daß die Zahl 11 der obern Zeile gerade über der 12 der untern steht, und erkennt daran, daß der höhere Ton 12 Schwingungen erleidet, bis der tiefere nur 11 macht. Schriebe man aber die Zahlen nicht dazu, so würde das Auge diese Ordnung kaum gewahr werden; dasselbe ist mit dem Ohr der Fall, welches das Verhältniß der beiden Töne eben so schwer erkennen würde, welche ich durch diese beiden Reihen von Punkten vergegenwärtigt habe. In der nachstehenden Figur jedoch

. . . .

. . . .

gewahrt man auf den ersten Blick, daß die obere Linie doppelt so viel Punkte enthält als die untere, oder daß die Zwischenräume in der untern Linie doppelt so groß sind als in der obern. Nach dem unisono ist das ohne Zweifel der einfachste Fall, woran man leicht die Ordnung in diesen zwei Reihen von Punkten entdecken kann; ein Gleiches findet bei den beiden Tönen statt, die durch diese beiden Reihen von Punkten vorgestellt werden, und deren einer zweimal mehr Schwingungen macht als der andere: das Ohr wird das schöne Verhältniß, welches zwischen diesen beiden Tönen herrscht, leicht gewahr werden, während im vorhergehenden Falle das Urtheil sehr schwer, wo nicht unmöglich ist. Wenn also das Ohr leicht das Verhältniß gewahr wird, welches zwischen zwei Tönen obwaltet, so heißt ihre Zusammenstimmung eine Consonanz; ist dieses Verhältniß schwer oder unmöglich zu entdecken, so heißt der Accord eine Dissonanz. Die einfachste Consonanz ist also die, worin der hohe Ton gerade zweimal so viel Schwingungen macht als der tiefe. Diese Consonanz heißt in der Musik eine Octave; Jedermann weiß die Stärke derselben; und zwei Töne, die um eine Octave unter=

schieden sind, harmoniren so sehr, und sind sich einander so ähnlich, daß die Tonkünstler sie mit einerlei Buchstaben bezeichnen. Wir bemerken auch, daß in der Kirche die Frauen gewöhnlich um eine Octave höher singen als die Männer, und doch in demselben Ton zu singen glauben. Ew. Hoheit werden sich leicht auf einem Klavier von dieser Wahrheit überzeugen und werden den schönen Accord, der unter allen Tönen ist, die um eine Octave von einander entfernt sind, gewahr werden, während zwei andre beliebige Töne nicht so gut zusammen klingen.

Den 29. April 1760.

Fünfter Brief.

Vom Unisono und den Octaven.

Ew. Hoheit haben also gesehen, daß der Accord, den die Tonkünstler eine Octave nennen, auf eine so bezeichnende Weise das Ohr trifft, daß man die kleinste Abweichung leicht bemerkt. Gibt man den Ton F deutlich an, so kann man den Ton f, der eine Octave höher liegt, sehr leicht nach dem bloßen Gehör stimmen; ist dagegen die Saite des Tons f auch nur ein wenig zu hoch oder zu niedrig, so wird das Ohr gleich dadurch beleidigt; nichts ist leichter, als sie vollkommen zusammenstimmend zu machen, d. h. in Accord zu bringen. Auch sehen wir, daß die meisten Leute beim Singen leicht von einem Tone in einen andern kommen, der eine Octave höher oder tiefer ist. Aber wenn man aus dem Ton F z. B. in den Ton d übergehen soll, so fehlt ein mittelmäßiger Sänger sehr leicht, wenn ihm nicht von einem Instrumente geholfen wird; und es ist beinahe unmöglich, wenn man den Ton F festgesetzt hat, den Ton d auf einmal darnach zu stimmen. Was ist nun wohl der Grund von der Schwierigkeit, daß es so leicht ist, mit dem Ton F den Ton f, und so schwer, mit ihm den Ton d in Einklang zu bringen? Dieser Grund springt nach dem, was ich Ew. Hoheit in meinen letzten Bemerkungen erklärt habe, in die Augen. Der Ton F und der Ton f machen zusammen eine Octave; oder die Anzahl der Schwingungen des Tons f ist gerade das Doppelte von den Schwingungen des Tones F. Um diesen Accord zu bemerken, darf man nur das Verhältniß von eins zu zwei empfinden, das so, wie es durch die Vorstellung der Punkte, deren ich mich zuvor bedient habe, in die Augen fällt, die Ohren auf eine ähnliche Art

afficirt. Nun wird Ew. Hoheit leicht begreifen, daß ein Verhältniß sich dem Verstande desto deutlicher vergegenwärtigen und dadurch ein desto innigeres Vergnügen schaffen muß, je einfacher oder durch je kleinere Zahlen es ausgedrückt ist. Die Baumeister richten sich auch mit der größten Sorgfalt nach diesem Grundsatz, indem sie allenthalben in ihren Gebäuden so einfache Verhältnisse brauchen, als es nur die übrigen Umstände erlauben. In den Thüren und Fenstern machen sie gemeiniglich die Höhe doppelt so groß als die Breite, und allenthalben suchen sie Verhältnisse anzubringen, die sich durch kleine Zahlen ausdrücken lassen, weil das dem Verstande gefällt. Dasselbe ist in der Musik der Fall, wo die Accorde nur um so mehr gefallen, je deutlicher der Geist das Verhältniß wahrnimmt, das unter den Tönen herrscht; dieses Verhältniß aber läßt sich um so leichter bemerken, durch je kleinere Zahlen es ausgedrückt werden kann. Nun ist nach dem Verhältniß der Gleichheit, welches zwei gleiche Töne oder all' unisono anzeigt, das Verhältniß 1 zu 2 ohne Zweifel das einfachste, und gibt daher den Octavenaccord; daher hat offenbar dieser Accord viele Vorzüge vor den übrigen Consonanzen. Nach dieser Erklärung desjenigen Accords oder Intervalls, den die Tonkünstler eine Octave nennen, wollen wir nun mehrere Töne untersuchen, wie F, f, $\bar{f}$, $\bar{\bar{f}}$, $\bar{\bar{\bar{f}}}$, wovon jeder nun eine Octave höher ist als der vorhergehende. Weil also der Unterschied zwischen F und f, zwischen f und $\bar{f}$, zwischen $\bar{f}$ und $\bar{\bar{f}}$, zwischen $\bar{\bar{f}}$ und $\bar{\bar{\bar{f}}}$ je eine Octave beträgt, so wird der Unterschied zwischen F und $\bar{f}$ eine doppelte, zwischen F und $\bar{\bar{f}}$ eine dreifache, zwischen F und $\bar{\bar{\bar{f}}}$ eine vierfache Octave betragen. Das heißt: während der Ton F Eine Schwingung vollbringt, macht der Ton f zwei, der Ton $\bar{f}$ vier, der Ton $\bar{\bar{f}}$ acht, der Ton $\bar{\bar{\bar{f}}}$ sechszehn; daraus geht hervor, daß, wie eine Octave dem Verhältniß 1 zu 2 entspricht, so eine doppelte sich wie 1 zu 4, eine dreifache wie 1 zu 8 &c. sich verhält. Nun ist das Verhältniß 1 zu 4 nicht mehr so einfach als das 1 zu 2, weil es nicht mehr so leicht in die Augen fällt. Eben deswegen empfindet man auch eine doppelte Octave nicht so leicht als eine einfache; eine dreifache Octave ist noch weniger merklich, und eine vierfache noch weniger. Wenn man daher ein Clavier stimmt, und den Ton F angegeben hat,

ist es nicht so leicht, die Doppeloctave $\bar{f}$, als die einfache f dazu zu stimmen; und noch schwerer ist es, die dreifache $\bar{\bar{f}}$ und vierfache $\bar{\bar{\bar{f}}}$ einzustimmen, ohne die Zwischenoctaven zu Hülfe zu nehmen. Diese Accorde sind alle unter dem Worte Consonanz begriffen, und da der unisono die einfachste unter allen ist, so kann man sie nach folgenden Graden ordnen:

I. Grad. Der unisono wird durch das Verhältniß von 1 zu 1 versinnlicht;

II. Grad. Die unmittelbare Octave ist in dem Verhältniß von 1 zu 2;

III. Grad. Die doppelte Octave, in dem Verhältniß von 1 zu 4;

IV. Grad. Die dreifache Octave, in dem Verhältniß von 1 zu 8;

V. Grad. Die vierfache Octave, in dem Verhältniß von 1 zu 16;

VI. Grad. Die fünffache Octave, in dem Verhältniß von 1 zu 32;

und so fort, so lange die Töne noch zu unterscheiden sind. Es sind dieß Accorde oder Consonanzen, zu deren Kenntniß wir bis jetzt geführt wurden; und wir wissen noch nichts von den andern Gattungen der Consonanzen, und noch weniger von den Dissonanzen, die man in der Musik braucht. Ehe ich mich aber auf die Erklärung dieser einlasse, muß ich noch eine Bemerkung über den Namen Octave hinzusetzen, den man dem Intervall zweier Töne gibt, von denen der eine zweimal so viel Schwingungen macht als der andere. Ew. Hoheit sehen die Ursachen in den Haupttasten des Klaviers, die durch sieben Stufen in die Höhe steigen, ehe sie zur Octave kommen, wie C, D, E, F, G, A, H, c, so daß die Taste c die achte ist, wenn man C für die erste zählt. Diese Eintheilung hängt aber auch noch von andern Verhältnissen in der Musik ab, auf deren Beschaffenheit wir erst später zurückkommen können. —

Den 3. Mai 1760.

Sechster Brief.

Von den andern Consonanzen.

Man kann sagen, daß alle Verhältnisse von 1 zu 2, 1 zu 4, 1 zu 8, 1 zu 16, welche wir bis hieher untersucht haben, und welche die Natur einer einfachen, doppelten, drei- und vierfachen Octave in sich enthalten ihren Ursprung von der Zahl 2 nehmen, indem 4 zweimal-zwei; 8 viermal-zwei; 16 achtmal-zwei ist. Wenn man auf diese Weise also nur die Zahl 2 in der Musik gelten läßt, hat man es nur mit der Kenntniß derjenigen

Accorde oder Consonanzen zu thun, welche die Musiker eine einfache oder doppelte oder dreifache Octave nennen; und weil ferner die Zahl 2 durch weitere Verdoppelung nur die Zahlen 4, 8, 16, 32, 64 gibt, deren jede das Doppelte der vorhergehenden beträgt, so bleiben uns alle übrigen Zahlen unbekannt.

Wenn jedoch ein Instrument nur Octaven hätte, wie z. B. die Töne, welche man mit den Buchstaben: C, c, $\bar{c}$, $\bar{\bar{c}}$, $\bar{\bar{\bar{c}}}$ bezeichnet und alle andere darinnen fehlten, so würde es wegen zu großer Einförmigkeit keine angenehme Musik liefern können. Wir wollen also außer der Zahl 2 noch die Zahl 3 hineinnehmen, und sehen, was für Consonanzen daraus entstehen werden. Zuvörderst liefert uns das Verhältniß von 1 zu 3 zwei Töne, wovon der eine dreimal mehr Schwingungen in gleicher Zeit macht als der andere. Dieses Verhältniß wird ohne Zweifel nach dem oben bei 1 zu 2 gesagten am verständlichsten seyn, und somit sehr schöne Consonanzen ergeben, welche aber von den Octaven ganz verschieden sind. Wir wollen nun annehmen, daß bei dem Verhältniß 1 zu 3 die 1 dem Ton C entspreche. Da der Ton c durch die Zahl 2 ausgedrückt wird, so muß die Zahl 3 einen Ton geben, der höher als c, aber doch niedriger als $\bar{c}$ ist, weil diesem die Zahl 4 zugehört. Dieser Ton nun, der durch 3 ausgedrückt wird, ist der, den die Tonkünstler mit dem Buchstaben g bezeichnen, und das Intervall von c zu g nennen sie eine Quinte, weil auf dem Clavier die Taste g die fünfte von c ist, als c, d, e, f, g. Also, wenn die Zahl 1 den Ton C gibt, so gibt 2 den Ton c, und 3 den Ton g, die Zahl 4 den Ton $\bar{c}$; da nun der Ton $\bar{g}$ die Octave von g ist, so wird seine Zahl zweimal 3, und also 6 seyn; steigt man noch eine Octave höher, so ist der Ton $\bar{\bar{g}}$ um das Doppelte größer, und also 12. Alle Töne demnach, zu denen uns die Zahlen 2 und 3 führen, wenn man C für 1 annimmt, sind:

C.	c.	g.	$\bar{c}$.	$\bar{g}$.	$\bar{\bar{c}}$.	$\bar{\bar{g}}$.	$\bar{\bar{\bar{c}}}$.
1.	2.	3.	4.	6.	8.	12.	16.

Hieraus geht klar hervor, daß die Proportion 1 zu 3 ein Intervall ausdrückt, das aus einer Octave und einer Quinte zusammengesetzt ist, und daß dieses Intervall, weil seine Zahlen so einfach sind, nach der Octave dem Ohr am merklichsten seyn muß. Es geben auch in der That die Tonkünstler der Quinte die

zweite Stelle unter den Consonanzen, und das Ohr wird davon so angenehm afficirt, daß es sehr leicht ist, eine Quinte zu stimmen. So steigen auf der Violine die vier Saiten nach Quinten: die tiefste ist G, die zweite d, die dritte a, die vierte $\bar{e}$; und jeder Musiker kann sie sehr leicht nach dem bloßen Gehör stimmen. Uebrigens stimmt eine Quinte nicht so leicht zusammen als eine Octave; weil jedoch die Quinte über der Octave, wie z. B. das Intervall von C zu g, durch das Verhältniß von 1 zu 3 ausgedrückt wird, ist sie merklicher als die einfache Quinte, wie C zu G oder c zu g, die durch das Verhältniß von 2 zu 3 ausgedrückt wird; auch weiß man aus der Erfahrung, daß, wenn man den Ton C angegeben hat, es leichter sey, die obere Quinte g als die unmittelbare G dazu zu stimmen. Wenn die Einheit uns den Ton F vorgestellt hätte, so würde die Zahl 3 den Ton $\bar{c}$ bezeichnen, so, daß

$$F \;.\; f \;.\; \bar{c} \;.\; \bar{f} \;.\; \bar{\bar{c}} \;.\; \bar{\bar{f}} \;.\; \bar{\bar{\bar{c}}}$$

mit 1 . 2 . 3 . 4 . 6 . 8 . 12 bezeichnet werden würden, wo das Intervall von f zu $\bar{c}$ eine Quinte beträgt, die in dem Verhältniß von 2 zu 3 enthalten ist; von $\bar{f}$ zu $\bar{\bar{c}}$, von $\bar{\bar{f}}$ zu $\bar{\bar{\bar{c}}}$ ist auch eine Quinte, weil das Verhältniß von 4 zu 6 und von 8 zu 12 dasselbe ist, wie von 2 zu 3. Denn wenn zwei Ellen 3 Thlr. kosten, so kosten vier Ellen 6, und acht Ellen 12 Thlr. Dadurch lernen wir noch ein anderes Intervall kennen, das in dem Verhältniß von 3 zu 4 liegt, welches zwischen $\bar{c}$ und $\bar{f}$, und also auch zwischen c und f, und C und F ist; dieß nennen die Musiker eine Quart, welche aber, weil durch größere Zahlen gebildet, bei Weitem nicht so angenehm ist als die Quinte, und noch weniger als die Octave. Da die Zahl 3 uns diese beiden neuen Accorde der Quinte und der Quarte gegeben hat, so wollen wir, ehe wir andere Zahlen anwenden, die Zahl 3 noch dreimal nehmen, um die Zahl 9 zu bekommen, die einen Ton geben wird, der um eine Octave und eine Quinte höher ist als der Ton 3 oder $\bar{c}$, worin $\bar{\bar{c}}$ die Octave von $\bar{c}$, und $\bar{\bar{g}}$ die Quinte von $\bar{\bar{c}}$ ist. Also gibt die Zahl 9 den Ton $\bar{\bar{g}}$, so, daß $\bar{\bar{c}}$, $\bar{\bar{f}}$, $\bar{\bar{g}}$, $\bar{\bar{\bar{c}}}$, durch 6, 8, 9, 12, bezeichnet seyn werden. Stimmt man aber diese Töne in den unteren Octaven, so hat man, wenn die Proportionen derselben bleiben:

C .	F .	G .	c .	f .	g .	$\bar{c}$.	$\bar{f}$.	$\bar{g}$.	$\bar{\bar{c}}$.	$\bar{\bar{f}}$.	$\bar{\bar{g}}$.	$\bar{\bar{\bar{c}}}$.
6 .	8 .	9 .	12 .	16 .	18 .	24 .	32 .	36 .	48 .	64 .	72 .	96 .

Dadurch kommen wir zu der Entdeckung neuer Intervallen. Das erste ist das zwischen F und G (in dem Verhältniß von 8 zu 9 enthalten), welches die Musiker eine Secunde oder auch einen ganzen Ton nennen. Das zweite ist das Intervall von G zu f, das in dem Verhältniß 9 zu 16 enthalten liegt; man nennt es eine Septime, welche um eine Secunde oder einen ganzen Ton kleiner ist als eine Octave. Da diese Verhältnisse schon durch beträchtlich große Zahlen ausgedrückt werden, rechnen die Musiker sie nicht mehr zu den Consonanzen und nennen sie Dissonanzen.

Wenn wir die Zahl 9 noch dreimal nehmen, um 27 zu haben, so muß diese Zahl einen Ton bezeichnen, der höher als $\bar{c}$, und gerade eine Quinte höher als g ist. Das wird also der Ton $\bar{d}$ seyn, und seine Octave $\bar{\bar{d}}$ wird der Zahl zweimal 27 oder 54 entsprechen; seine doppelte Octave $\bar{\bar{\bar{d}}}$ aber der Zahl zweimal 54 oder 108. Wir wollen diese Töne einige Octaven tiefer auf folgende Art vergegenwärtigen:

C.	D.	F.	G.	c.	d.	f.	g.	$\bar{c}$.	$\bar{d}$.	$\bar{f}$.	$\bar{g}$.
24.	27.	32.	36.	48.	54.	64.	72.	96.	108.	128.	144.

$\bar{\bar{c}}$.	$\bar{\bar{d}}$.	$\bar{\bar{f}}$.	$\bar{\bar{g}}$.	$\bar{\bar{\bar{c}}}$.
192.	216.	256.	288.	384.

Hier entdecken wir, daß das Intervall D zu F in dem Verhältniß von 27 zu 32, und das Intervall F zu d in dem Verhältniß von 32 zu 54, oder wenn wir die Hälfte nehmen, von 16 zu 27 enthalten ist, wovon das erste eine kleine Terze, das andere eine große Sexte heißt. Man könnte die Zahl 27 abermals verdreifachen, aber die Musik geht nicht so weit, und man beschränkt sich auf die Zahl 27, die aus der 3 entsteht, wenn man sie zum Drittenmal durch sich selbst multiplicirt; die andern musikalischen Töne, die uns noch fehlen, werden durch die Zahl 5 eingeführt, welche ich im nächsten Briefe genauer erkläre.

Den 3. Mai 1760.

Siebenter Brief.

Von den zwölf Tönen des Klaviers.

Die Materie, mit der ich jetzt Ew. H. zu unterhalten die Ehre habe, ist so trocken, daß ich mit Grund fürchte, Ew. H. bald zu langweilen; um daher nicht zu viel Zeit darauf zu verwenden, sende ich heute drei Briefe auf einmal, um diesen fast unangenehmen Gegenstand auf einmal zu erledigen. Meine Absicht war, Ew. H. den wahren Ursprung der Töne in der Musik vor Augen zu legen, der vielen Musikern selbst unbekannt ist; denn nicht die Theorie hat sie auf die Kenntniß aller Töne geführt, sondern sie verdanken es einer geheimen Macht der Harmonie, die so stark auf ihre Ohren gewirkt hat, daß sie beinahe sind gezwungen worden, die Töne anzunehmen, die jetzt wirklich im Gebrauch sind, obwohl sie über ihre genaue Festsetzung noch nicht im Reinen sind. Die Grundsätze der Harmonie lassen sich nämlich zuletzt auf Zahlen zurückführen, wie ich oben gezeigt habe; ich habe bemerkt, die Zahl 2 gebe nur die Octaven, so daß wir z. B., sobald nur der Ton F einmal festgesetzt ist, auf die Töne f, $\overline{f}$, $\overline{\overline{f}}$, $\overline{\overline{\overline{f}}}$, geführt werden. Die Zahl 3 gibt sodann die Töne C, c, $\overline{c}$, $\overline{\overline{c}}$, $\overline{\overline{\overline{c}}}$, die von jenen um eine Quinte verschieden sind; die Wiederholung eben dieser Zahl 3 ergibt uns noch weiter die Quinten der ersten, die G, g, $\overline{g}$, $\overline{\overline{g}}$, $\overline{\overline{\overline{g}}}$, sind; und die dritte Wiederholung der Zahl 3 fügt endlich noch die Töne D, d, $\overline{d}$, $\overline{\overline{d}}$, hinzu. Da nun die Grundsätze der Harmonie an die Einfachheit gebunden sind, so scheinen sie nicht zu erlauben, daß man die Multiplication der Zahl 3 weiter treibe, und somit haben wir bisher nur noch die folgenden Töne für jede Octave

F.	G.	c.	d.	f.
16.	18.	24.	27.	32.

welche gewiß noch keine sonderlich mannigfaltige Musik zulassen. Aber nun wollen wir noch die Zahl 5 einführen, und sehen, von welcher Art der Ton seyn wird, der 5 Schwingungen macht, während der Ton F nur eine macht. Nun macht der Ton f in derselben Zeit 2, der Ton $\overline{f}$ 4, und der Ton $\overline{\overline{c}}$ 6 Schwingungen. Der fragliche Ton muß also zwischen $\overline{f}$ und $\overline{\overline{c}}$ fallen; und in der That ist er derselbe, welchen die Tonkünstler durch den

Buchstaben a anzeigen, dessen Accord mit dem Ton $\overline{f}$ eine große Terz heißt, und eine sehr angenehme Consonanz ergibt, da er in dem Verhältniß der ziemlich kleinen Zahlen 4 zu 5 enthalten ist. Außerdem ergibt der Ton $\overline{a}$ mit dem Ton $\overline{\overline{c}}$ einen Accord, der in dem Verhältniß 5 zu 6 liegt, fast eben so angenehm ist als jener, und ebenfalls eine kleine Terz heißt, so wie die oben erwähnte, in dem Verhältniß von 27 und 32 liegende Terz, da der Unterschied für das Ohr beinahe unmerklich ist. Eben diese Zahl 5, wenn auf die andern Töne G, c, d, angewandt, gibt uns auf eben die Art ihre großen Terzen, die je in der zweiten Octave drüber hiengen, d. h. die Töne $\overline{h}$, $\overline{\overline{e}}$, $\overline{\overline{fis}}$, die, in die erste Octave übergetragen, uns folgende Töne mit ihren Zahlen geben:

F.	Fis.	G.	A.	H.	c.	d.	e.	f.
128.	135.	144.	160.	180.	192.	216.	240.	256.

Nimmt man nun den Ton Fis hinweg, so hat man die Haupttasten des Claviers, das nach den Alten die sogenannte diatonische Leiter bildet, welche von der Zahl 2, der Zahl 3 dreimal wiederholt, und von der Zahl 5 herrührt. Wenn man auch keine andern als diese Töne annimmt, kann man doch sehr schöne und sehr mannigfaltige Melodien componiren, deren Annehmlichkeit bloß auf der Einfachheit der Zahlen beruht, welche uns diese Töne geliefert haben. Wendet man endlich die Zahl 5 zum Zweitenmal an, so wird sie die Terzen von vier neuen Tönen A, E, H, Fis ergeben, die wir eben gefunden haben, und wir werden die Töne Cis, Gis, Dis, B bekommen, so daß jetzt die Octave genau mit denselben 12 Tönen ausgefüllt ist, die in der Musik eingeführt sind. Alle diese Töne schreiben ihren Ursprung von den drei Zahlen 2, 3 und 5 her, indem man die Zahl 2 so oft wiederholt, als es die Octaven verlangen; die Zahl 3 wird jedoch nur dreimal, die Zahl 5 nur zweimal wiederholt. Hier sind also alle Töne der ersten Octave durch die folgenden Zahlen ausgedrückt, wo man die Zusammensetzung von jeder der Zahlen 2, 3 und 5 sieht:

			Differ.
C	2.2.2.2.2.2.2.3....	384	
Cis	2.2.2.2.5.5.........	400	16
D	2.2.2.2.3.3.3.......	432	32
Dis	2.3.3.3.5............	450	18
E	2.2.2.2.2.3.5......	480	30
F	2.2.2.2.2.2.2.2.2.	512	32
Fis	2.2.3.3.3.5.........	540	28
G	2.2.2.2.2.2.3.3...	576	36
Gis	2.2.2.3.5.5.........	600	24
A	2.2.2.2.2.2.2.5...	640	40
B	3.3.3.5.5...........	675	35
H	2.2.2.2.3.3.5......	720	45
c	2.2.2.2.2.2.2.2.3.	768	48

In derselben Zeit, worin der Ton C 384 Schwingungen macht, so macht der Ton Cis 400, und die übrigen so viel, als die beigeschriebenen Zahlen anzeigen; der Ton c wird also in derselben Zeit 768 Schwingungen machen, was gerade das Doppelte von 384 ist. Für die folgenden Octaven braucht man nur diese Zahl durch 2 oder 4 oder 8 zu multipliciren. So gibt der Ton $\bar{c}$ zweimal 768 oder 1536 Schwingungen, der Ton $\bar{\bar{c}}$ zweimal 1546 oder 3072, und der Ton $\bar{\bar{\bar{c}}}$ zweimal 3072 oder 6144 Schwingungen. Um die Art und Weise zu begreifen, wie die Töne aus diesen 3 Zahlen 2, 3 und 5 entstehen, muß man bemerken, daß die zwischen sie gesetzten Punkte die Multiplication bedeuten; der Ausdruck 2.2.3.3.3.5 für den Ton Fis bedeutet also: 2 mal 2 mal 3 mal 3 mal 3 mal 5; d. h. 2 mal 2 ist 4, und 4 mal 3 macht 12, und 12 mal 3 macht 36, und 36 mal 3 macht 108, und 5 mal 108 ist 540. Man sieht daraus, daß die Unterschiede zwischen diesen Tönen nicht alle gleich sind, da einige größer, andre kleiner sind, und das erfordert auch die wahre Harmonie. Weil aber die Ungleichheit nicht beträchtlich ist, so sieht man gemeiniglich alle diese Unterschiede als gleich an, und nennt den Sprung eines jeden Tons auf den folgenden ein S e m i t o n i u m; denn man sagt, die Octave sey auf diese Art in 12 Semitonien getheilt. Viele Tonkünstler machen sie auch

in der That gleich, ob dieß gleich den Grundsätzen der Harmonie zuwiderläuft, denn auf diese Art sind weder Quinten noch Terzen vollkommen richtig, und die Wirkung ist eben die, als wenn diese Töne nicht rein gestimmt wären. Sie wollen sogar behaupten, man müsse auf die Richtigkeit dieser Akkorde verzichten, um den Vortheil der Gleichheit unter allen Semitonien zu erhalten, so daß das Transponiren von einem Ton in den andern in den Melodien nichts ändere. Inzwischen gestehen sie selbst zu, daß ein Musikstück wesentlich anders klingt, je nachdem man es aus dem C oder aus dem um einen halben Ton höheren Cis spielt; hieraus geht klar hervor, daß diese Semitonien, obwohl die Tonkünstler sie gleich zu machen streben, in der That nicht alle gleich sind; die wahre Harmonie würde sich sonst nicht der Ausführung dieses Vorhabens wiedersetzen, das einmal gegen ihre Gesetze verstößt. Das ist also der wahre Ursprung derjenigen Töne, die heut zu Tage im Gebrauch und von den Zahlen 2, 3 und 5 hergeleitet sind. Wollte man noch die Zahl 7 einführen, so würde die Anzahl der Töne einer Octave größer, und die Musik dadurch auf eine höhere Stufe gebracht werden. Allein hier muß die Mathematik die Harmonie der Musik überlassen. — Den 3. Mai 1760.

Achter Brief.

Die Annehmlichkeiten einer schönen Musik.

Es ist eine eben so wichtige als sonderbare Frage: warum eine schöne Musik in uns die Empfindung von Vergnügen erregt. Die Meinungen der Gelehrten sind darüber sehr getheilt. Die Einen behaupten, es seye eine wunderliche Grille, und das Vergnügen, welches die Musik hervorbringe, beruhe auf gar keinem vernünftigen Grunde, weil dieselbe Musik dem Einen gefallen, dem Andern mißfallen kann. Die Frage wird aber hiedurch nicht nur gar nicht entschieden, sondern eher noch mehr verwirrt, denn nun wünscht man den Grund zu erfahren, warum dasselbe Musikstück so verschiedene Eindrücke wecken kann, weil nun doch einmal feststeht, daß nichts ohne Grund geschieht. — Andere behaupten, das Vergnügen beim Anhören einer schönen Musik bestehe in der Wahrnehmung und dem Begriff der darin vorwaltenden Ordnung. Diese Meinung scheint auch auf den ersten Anblick ziemlich gegründet zu seyn, und verdient eine genauere

Prüfung. Die Musik umfaßt nämlich zweierlei Arten von Zwecken, in welchen eine gewisse Ordnung vorwaltet. Der Eine bezieht sich auf den Unterschied der Töne, in sofern sie höher oder tiefer, greller oder ernster sind, was — wie Ew. Hoheit sich erinnern wird, — von der Anzahl der Schwingungen herrührt, welche jeder Ton in einer gegebenen Zeit macht. Dieser Unterschied, welcher unter der Geschwindigkeit der Vibrationen aller Töne vorherrscht, ist die eigentliche sogenannte Harmonie. Wenn man also beim Anhören einer Musik die Verhältnisse oder Proportionen unterscheidet, worin die Schwingungen aller Töne unter einander stehen, so ist dieß das Werk der Harmonie. So lassen zwei Töne, die um eine Octave verschieden sind, das Verhältniß wie von 1 zu 2; eine Quinte das Verhältniß von 2 zu 3; eine große Terz das Verhältniß von 4 zu 5 wahrnehmen. Man erkennt also die Ordnung, welche in einer gewissen Harmonie herrscht, sobald man alle Verhältnisse kennt, die unter den Tönen, aus welchen die Harmonie besteht, herrschen; und diese Erkenntniß bekommen wir bloß durch das Urtheil des Ohrs. Da nun die Beurtheilungsgabe dieses Organ bald mehr bald weniger fein ist, so ist klar, warum eben dieselbe Harmonie von dem Einen wahrgenommen werden kann, von dem Andern aber nicht, besonders wenn die Verhältnisse unter den Tönen durch ziemlich große Zahlen ausgedrückt sind. Die Musik aber schließt außer der Harmonie noch einen andern, für Ordnung empfänglichen Zweck in sich, nämlich den Takt oder das Zeitmaaß, mittelst dessen man jedem Tone eine gewisse Dauer anweist; und die Wahrnehmung des Takts besteht in der Kenntniß der Dauer aller Töne und der daraus entstehenden Verhältnisse, ob z. B. ein Ton zweimal, dreimal oder viermal länger dauert als ein anderer. Die Trommel und die Pauke geben uns das Beispiel einer Musik, worin der bloße Takt herrscht, weil die Töne unter einander ganz gleich sind, und hier gibt es also keine Harmonie. Auf der andern Seite gibt es aber auch eine Musik, worin nur die Harmonie vorwaltet, und der Takt fast ganz zurücktritt, nämlich der Choral, worin alle Töne von gleicher Länge sind. Eine vollkommene Musik aber enthält beides, Harmonie und Takt. Wer nun also eine Musik anhört, und mittelst seines Ohres alle die Verhältnisse unterscheidet, auf denen sowohl Harmonie als Takt beruhen, der hat unstreitig die möglichst vollkommene Vorstellung dieser Musik; während ein Anderer, der diese Verhältnisse nur zum Theil oder gar

nicht unterscheidet, von der Musik nichts begreift oder nur eine unvollkommene Vorstellung hat. — Das Vergnügen aber, worauf eigentlich unsere Frage abzielt, ist noch sehr von dieser vorerwähnten Beurtheilungskraft verschieden, obwohl man kühn behaupten darf, daß keine Musik Vergnügen wecken könne, wenn der Hörer nicht eine Kenntniß von ihr hat, denn das bloße Verständniß aller der Verhältnisse, die in einer Musik sowohl in Betreff der Harmonie als des Taktes vorherrschen, genügt noch nicht, um ein Gefühl des Vergnügens hervorzurufen: es gehört noch etwas mehr hinzu, was seither noch Niemand gehörig entwickelt hat. Um sich zu überzeugen, daß das bloße Verständniß aller Verhältnisse einer Musik nicht hinreicht, braucht man nur eine ganz einfache Musik zu betrachten, die nur durch Octaven geht, wo die Verhältnisse gewiß am leichtesten unterschieden werden können; diese Musik weckt aber noch lange kein Vergnügen, wenn man sie auch vollkommen versteht. Man sagt also, es gehöre zum Vergnügen einige Kenntniß, ein Urtheil das nicht sogar leicht ist, sondern einige Mühe erfordert, uns also gewissermaßen etwas kostet. Allein meines Erachtens genügt auch dieß noch nicht. Eine Dissonanz, deren Verhältniß in größeren Zahlen besteht, ist weit schwerer zu erkennen, und doch wird eine Reihe von Dissonanzen ohne Wahl und ohne Absicht nicht gefallen. Der Komponist muß also nothgedrungen in seinem Werke einem gewissen Plane oder einer gewissen Absicht gefolgt seyn, die er durch wirkliche oder wahrnehmbare Verhältnisse und Proportionen ausgeführt hat; in diesem Falle wird ein Kenner, wenn er das Musikstück hört und außer den Proportionen auch noch den Plan und die Idee ermißt, welche dem Komponisten vorschwebten, dasjenige Behagen fühlen, welches das eigentliche Vergnügen ist, das eine schöne Musik dem Ohr des Kenners bereitet. Das Vergnügen rührt also vorzugsweise davon her, daß man gewissermaßen die Absichten und Gefühle des Komponisten erräth, deren gelungene Ausführung das Gemüth mit einem gewissen Behagen erfüllt. Diese innere Befriedigung gleicht etwa derjenigen, welche man verspürt, wenn man der Aufführung einer schönen Pantomime anwohnt, worin man an Geberdenspiel und Handlung die darunter vorzustellenden, nach einem gewissen wohlbedachten Plane angelegten Gefühle und Gespräche errathen kann. Das Räthsel vom Schornsteinfeger[1], welches Ew. Hoheit

[1] Le Ramoneur, ein früher berühmtes Räthsel von Lamotte.

so gut gefallen hat, liefert mir ebenfalls einen guten Beweisgrund. Erräth man nämlich den Sinn eines Räthsels und findet ihn in den Worten desselben vollkommen ausgedrückt, so verspürt man eine gewisse Befriedigung oder Freude, während andererseits schaale und schlecht geschürzte Räthsel eher mißfallen. Das sind also meines Erachtens die eigentlichen Grundsätze, worauf alle Urtheile über die Schönheiten eines Musikstücks beruhen; allein diese Ansicht bleibt immerhin die eines einzelnen Menschen, der hierin Laie ist und sich schämen muß, Ew. Hoheit hierüber belehren gewollt zu haben. —

6. Mai 1760.

Neunter Brief.

Ueber den Luftdruck.

Die Erklärung des Schalls, die ich Euer Hoheit vorzutragen die Ehre hatte, führt mich auf eine genauere Betrachtung der Luft, die, da sie einer ähnlichen schwingenden Bewegung fähig ist, wie die tönenden Körper selbst, z. B. die Saiten, Glocken ꝛc., die Erschütterung derselben bis zu unsern Ohren fortsetzt. Man fragt also: was ist die Luft? Man wird nicht gleich gewahr, daß die Luft eine Materie ist. Der Raum, der uns umgibt, scheint auf den ersten Blick und so lange wir darin keine sichtbaren Körper wahrnehmen, gar keine Stoffe zu enthalten, weil wir nichts darin fühlen, frei hindurchgehen, und unsre Glieder frei bewegen können, ohne dem geringsten Widerstand zu begegnen; man braucht jedoch nur einen geschwinden Streich mit der Hand zu thun, um schon einigen Widerstand zu erfahren, und man wird sogar einen gewissen Wind verspüren, der durch eine solche rasche Bewegung verursacht wird. In der That ist der Wind nichts anders, als die in Bewegung gesetzte Luft; wer könnte also, da der Wind so erstaunliche Wirkungen hervorzubringen vermag, noch zweifeln, daß die Luft eine Materie und also auch ein Körper ist? denn Körper und Materie sind gleichbedeutende Bezeichnungen. Man theilt die Körper in zwei Classen, in feste und flüssige, und es ist augenscheinlich, daß die Luft zu den flüssigen gehöre. Sie hat viele Eigenschaften mit dem Wasser gemein, aber sie ist viel dünner und feiner. Man hat durch Versuche erfahren, daß die Luft ungefähr 800mal feiner und dünner ist als das Wasser; oder daß, wenn die Luft 800mal dichter würde als

sie gegenwärtig ist, sie erst mit dem Wasser einerlei Dichte bekommen würde. Eine Haupteigenschaft der Luft, wodurch sie sich von allen andern flüssigen Materien unterscheidet, ist nun die, daß sie sich zusammendrücken oder auf einen engern Raum zurückführen läßt. Dieses erprobe man durch folgenden Versuch: man nimmt eine Röhre von Metall oder Glas ABCD, die an dem Ende AB gut verschlossen und an dem andern offen ist; in dieses offene Ende bringt man nun einen Kolben oder Pumpenstempel, der die Höhlung der Röhre genau ausfüllt. Man stößt hierauf den Stempel hinein, und die Luft, die zuvor die Höhlung ABCD ausfüllte, wird, sobald der Kolben bis zur Mitte E gekommen ist, auf die Hälfte des Raums zusammengedrückt und daher doppelt so dicht seyn. Stößt man den Stempel noch tiefer hinein, bis in die Mitte F zwischen B und E, so wird die Luft auf einen viermal kleineren Raum reducirt: und wenn man so fortführe, den Stempel bis G hereinzustoßen, so daß BG die Hälfte von BF, oder achte Theil der ganzen Länge BD wäre, so würde eben die Luft, die anfangs die ganze Höhlung der Röhre ausfüllte, einen achtmal kleinern Raum einnehmen. Führe man auf eben die Art fort, sie in einen 800mal kleineren Raum zusammen zu drängen, so würde man auch eine 800mal dichtere oder dickere Luft, als die gewöhnliche bekommen. Sie würde alsdann eben so dicht seyn als das Wasser, was man durch weitere Versuche zu erweisen im Stande ist. Man erkennt daraus, daß die Luft eine flüssige Materie ist, die sich zusammendrücken oder was das Gleiche ist, auf einen kleinern Raum reduciren läßt. In dieser Hinsicht unterscheidet sich die Luft wesentlich vom Wasser; denn füllte man die Röhre ABCD mit Wasser an und setzte den Stempel darauf, so könnte man ihn unmöglich weiter hineintreiben. Wie große Gewalt man auch immer anwendete, würde man ihn doch nicht weiter bringen und eher die Röhre zersprengen, als das Wasser in einen Raum bringen, der auch nur unbedeutend kleiner wäre [1]. Hier haben wir also einen wesentlichen Unterschied zwischen Luft und Was-

Fig. 2.



[1] Dieß ist nicht ganz richtig: auch die Flüssigkeiten lassen sich bis auf einen gewissen Grad zusammendrücken. Die Versuche von Colladon und Sturm haben dargethan, daß die mittlere kubische Preßbarkeit des Wassers, wenn dem gewöhnlichen natürlichen Druck der Atmosphäre noch ein ähnlicher künstlicher Druck von gleicher Stärke hinzugefügt wird, 0,00004965 beträgt, und daß die totale Zusammendrückung je nach der Proportion der Druckkraft wechselt.

ser, den nämlich, daß das Wasser sich nicht zusammendrücken läßt, während man die Luft nach Belieben zusammendrücken kann. Je mehr man aber die Luft zusammendrückt, um so dichter wird sie; so daß z. B. die Luft, die einen gewissen Raum eingenommen hatte, zweimal so dicht wird, wenn sie auf einen zweimal kleinern Raum reducirt ist; ist sie in einen zehnmal kleinern Raum zusammengedrückt, so wird sie zehnmal so dicht und so fort. Ich habe schon bemerkt, die Luft würde, wenn sie 800mal dichter würde, die Dichte und also auch die Schwere des Wassers haben; denn die Schwere wächst mit der Dichte in gleichem Verhältnisse. Das Gold ist der schwerste Körper den wir kennen, und also auch der dichteste[1]. Man hat gefunden, daß es 19mal schwerer ist als das Wasser; und daß eine Masse Gold in der Gestalt eines Würfels, dessen Länge, Breite und Höhe allum einen Fuß betrüge, 19mal mehr wiegen würde, als eine ähnliche Masse von Wasser. Wiegt also diese Masse Wasser 70 Pfund, so würde die genannte Masse Gold 19mal mehr, d. h. 1330 Pfund wiegen. Wenn man daher die Luft so lange zusammendrücken könnte, bis man sie in einen 19mal 800, das heißt 15,200mal, kleinern Raum gebracht hätte, so würde sie eben so dicht und eben so schwer werden als das Gold. Man kann aber das Zusammendrücken der Luft noch lange nicht so weit treiben. Anfangs kann man den Stempel ohne Mühe eindrücken; allein je weiter man ihn hineingestoßen hat, desto mühsamer wird es, ihn noch weiter zu treiben; und ehe man die Luft auf einen zehnmal kleinern Raum zu reduciren vermöchte, muß man schon so viel Gewalt anwenden, um den Stempel tiefer einzustoßen, daß die Röhre zerspringen würde, wenn sie nicht sehr stark wäre. Man würde also nicht bloß so viel Gewalt brauchen, um den Stempel weiter einzustoßen, sondern man brauchte eben so viel, um ihn darin zu erhalten, denn sobald man ihn losließe, würde die zusammengedrückte Luft ihn wieder zurücktreiben. Je dichter die Luft zusammengedrückt wird, desto mehr Gewalt wendet sie an, sich wieder auszudehnen und in ihren natürlichen Zustand

[1] Hier liegt ebenfalls eine kleine Unrichtigkeit zu Grunde: das Platin (welches zu Euler's Zeit bereits bekannt war), ist noch um etwas dichter als das Gold. Nimmt man nämlich die Dichte des Wassers als Einheit an, so beträgt die des Platins 20,33, während die des Goldes nur 19,36 ausmacht.

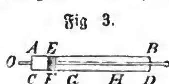
zurückzuversetzen. Dieß nennt man die Federkraft oder die Elasticität der Luft, von welcher ich Ew. Hoheit im nächsten Briefe unterhalten werde. Den 10 Mai 1700.

Zehnter Brief.

Ueber das Verdünnungs- und Ausdehnungs-Vermögen der Luft.

Ew. Hoheit haben gesehen, daß die Luft ein flüssiger Körper ist, der etwa noch 800mal leichter ist als das Wasser; so daß dieses, wenn man es in einen um so vielmal größern Raum ausdehnen und man das Wasser natürlich auch um ebenso leichter machen könnte, der athembaren Luft, in welcher wir leben, ähnlich werden würde. Die Luft hat eine Eigenschaft, die das Wasser keineswegs mit ihr gemein hat: die Luft läßt sich nämlich auf einen geringern Raum zusammendrücken und dadurch verdichten, wie ich Ew. Hoheit in meinem letzten Brief zu zeigen die Ehre hatte. Wir nehmen aber an der Luft noch eine andre Eigenschaft wahr, die nicht minder merkwürdig ist: man kann sie nämlich noch auf einen größern Raum ausdehnen, und dadurch noch leichter machen. Diese Operation nennt man die Verdünnbarkeit, Rarefaktion der Luft, weil durch diese Ausdehnung die Luft dünner wird. Man braucht nur, wie bei'm vorigen Versuch, eine Röhre ABCD zu nehmen, an deren unterem Ende AC eine kleines Loch O angebracht, damit die Luft, wenn der Kolben bis zum Punkte F eingetrieben ist, durch das Loch entweichen und nicht weiter verdichtet werden kann. Die Luft, welche nunmehr die Höhlung ACEF ausfüllt, wird also jetzt in ihrem natürlichen Zustand seyn, und man muß daher das Loch O jetzt verstopfen. Zieht man nun den Kolben zurück, so wird die Luft in der Röhre allmählig einen größern Raum einnehmen, so daß, wenn der Kolben bis zum Punkte G zurückgezogen worden und der Raum CG doppelt so groß ist als der Raum CF, die Luft, welche seither im Raum ACEF enthalten war, nun einen zweimal größern Raum einnimmt, also auch zweimal weniger dicht oder zweimal dünner seyn muß. Zieht man den Kolben nach bis H zurück, so daß der Raum CH vierfach größer ist als CF, so wird die Luft viermal dünner werden, als sie anfänglich war, weil sie nun einen viermal größern Raum einnimmt. Ja wenn man

Fig 3.



selbst den Kolben so weit auszöge, daß der Raum tausendmal größer würde, würde sich die Luft doch immer in gleicher Weise über diesen Raum ausdehnen und somit tausendmal dünner werden. Hierdurch unterscheidet sich die Luft wesentlich vom Wasser, denn wäre die Höhlung ACEF mit Wasser angefüllt, so würde man vergebens den Kolben zurückziehen, weil das Wasser nach wie vor noch denselben Raum einnehmen und das Uebrige leer bleiben würde [1]. Hieraus geht nun hervor, daß die Luft eine besondere innere Fähigkeit besitzt, sich immer weiter auszudehnen, und diese Eigenschaft nicht allein ausübt, wenn sie verdichtet, sondern auch wenn sie verdünnt wird. In was für einem Zustande der Verdichtung oder Verdünnung die Luft sich immer befinde, so strebt sie beständig einen noch größern Raum einzunehmen, und verbreitet sich wirklich auch alsbald, wenn sie auf kein Hinderniß mehr stößt. Dieses Ausdehnungsvermögen nennt man die Federkraft oder Elasticität der Luft und man hat durch Versuche, welche den vorerwähnten ähnlich sind, gefunden, daß diese Kraft im Verhältniß zur Dichte der Luft steht, d. h. daß die Luft desto mehr nach Ausdehnung strebt, je stärker sie verdichtet und desto weniger, je mehr sie zuvor verdünnt worden ist. Man wird mich vielleicht fragen, warum die Luft, die sich jetzt in meinem Zimmer befindet, nicht durch die Thüre entweiche, falls sie doch die Fähigkeit hat, sich über einen größern Raum auszudehnen. Ew. Hoheit werden ohne Zweifel antworten, daß das unfehlbar geschehen würde, wenn nicht die äußere Luft eine eben so große Gewalt anwendete, sich auszudehnen; weil also diese Wucht, mit welcher die Luft im Zimmer zu entweichen, und diejenige, womit die äußere Luft einzudringen strebt, einander gleich sind, so heben sie sich wechselsweise auf, und die Luft bleibt beiderseitig ruhig. Hätte aber die äußere Luft, durch irgend einen Zufall, eine größere Dichte und demnach auch eine größere Elasticität erlangt, so würde ein Theil davon in das Zimmer hineindringen, wo nun die Luft durch den zu erleidenden Druck auch wieder eine größere Elasticität bekommen würde, das würde so lange fortdauern, bis die Elasticität der innern Luft der Elasticität der äußern wieder gleich wäre. Wenn auf gleiche Weise die Luft im Zimmer auf einmal dichter, und ihre Elasticität größer würde als die Luft draußen, so würde die Luft aus dem Zim-

[1] Allein nicht absolut leer, weil sich dadurch alsbald eine gewisse Menge Wasserdampf bilden würde.

mer entweichen, und dadurch ihre Dichte und eben so viel von ihrer Elasticität verlieren, bis sie auf denselben Grad mit der Luft draußen käme; dann erst würde die Bewegung aufhören, und die Luft im Zimmer mit der äußern im Gleichgewicht stehen. Ebenso wird auch im Freien die Luft nicht eher ruhig seyn, als bis sie mit der Luft der Umgegend einerlei Grad von Elasticität hat; und ein Gleichgewicht kann nicht mehr länger stattfinden, sobald die Luft einer Gegend mehr oder weniger elastisch wird als die in der Nachbarschaft. Vielmehr wird sich, wo die Elasticität größer ist, die Luft ausbreiten, und an denjenigen Ort drängen, wo die Elasticität kleiner ist. Aus einer solchen Bewegung der Luft entstehet der Wind. Daher kommt es, daß an demselben Ort die Elasticität der Luft bald größer bald kleiner ist; diese Abwechselung wird durch ein Instrument angezeigt, das Barometer heißt, und dessen Schilderung eine besondre Abhandlung verdient. Vorerst beschränke ich mich bloß auf die Eigenschaft der Luft, sich verdichten und verdünnen zu lassen, und bemerke hier nur noch: je dichter die Luft ist, desto mehr Gewalt hat sie, sich auszudehnen, oder mit andern Worten: desto größer wird ihre Elasticität; je mehr man sie hingegen verdünnt, je mehr verliert sie von ihrer Elasticität. Die Naturforscher haben eine Maschine erfunden, die man Luftpumpe nennt, durch die man die Luft verdichten und verdünnen kann. Sie liefert verschiedene ganz erstaunliche Versuche, die Ew. Hoheit größtentheils schon bekannt sind. Ich behalte mir vor, bloß von einigen zu reden, so weit sie zur Erläuterung der Natur der Luft und derjenigen ihrer Eigenschaften dienen, welche hauptsächlich zu unsrer Erhaltung und selbst zur Hervorbringung aller unsrer Lebensbedürfnisse beitragen, und die deshalb wohl werth sind, daß man sich von ihnen einen richtigen Begriff mache.

Den 14. Mai 1760.

Eilfter Brief.

Ueber die Schwere der Luft.

Ich habe die Ehre gehabt Ew. Hoheit zu zeigen, daß die Luft als flüssige Materie die ganz besondere Eigenschaft habe, sich in einen engern Raum zusammendrücken zu lassen, und sich wieder in einen größern auszudehnen, sobald die Hindernisse gehoben sind, so daß die Luft sowohl der Verdichtung als der

Verdünnung fähig ist. Diese Eigenschaft nennt man Elasticitat oder Federkraft, weil sie mit der Eigenschaft einer Feder einige Aehnlichkeit hat, die sich auch zusammendrücken läßt, und wieder zurückspringt, sobald das Hinderniß weggenommen wird. Außerdem hat die Luft aber noch eine Eigenschaft, die ihr mit allen übrigen Körpern gemein ist, nämlich die Schwere oder das Gewicht, vermöge deren alle Körper eine gewisse Neigung haben, nach unten zu fallen, und die sie wirkich fallen macht, wenn nichts da ist, was sie aufhält. Die Gelehrten sind über die wahre Ursache dieser Kraft sehr getheilter Ansicht und schwankend; so viel aber ist gewiß, daß eine solche Kraft wirklich existirt; davon überzeugt uns die tägliche Erfahrung. Wir kennen sogar ihre Größe, und sind im Stande, sie auf's genaueste auszumessen, denn das Gewicht eines Körpers ist nichts anders als die Kraft die ihn nach unten treibt; da wir also das Gewicht jedes Körpers genau wissen und messen können, so kennen wir auch vollkommen die Wirkung der Schwere, obgleich die Ursache oder jene unsichtbare Kraft, die auf alle Körper wirkt um sie nach unten zu treiben, uns schlechterdings unbekannt ist. Dadurch wissen wir, daß ein Körper um so schwerer ist, je mehr er Materie enthält. So sind Gold und Blei schwerer als Holz oder eine Feder, weil sie mehr Materie in demselben Volumen oder Umfang enthalten. Weil also die Luft ein so feiner und dünner Körper ist, so ist auch ihr Gewicht oder ihre Schwere so gering, daß sie für gewöhnlich unserer Wahrnehmung entgeht. Indessen gibt es Erfahrungen, die uns davon unzweifelhaft überzeugen. Ew. Hoheit haben gesehen, daß man die Luft in einem Gefäße oder einer Röhre verdünnen kann; vermittelst einer Luftpumpe nun kann man die Sache so weit treiben, daß die Luft ganz und gar daraus entfernt wird, und die Höhlung des Gefässes völlig leer bleibt; oder man nimmt auch eine Röhre ABCD, in die man anfangs den Stempel so einsetzt, daß er den Boden genau berührt, und keine Luft zwischen dem Boden und dem Stempel bleibt. Um das besser zu bewerkstelligen, ist es zweckmäßig, wenn im untern Theile der Röhre eine Oeffnung G angebracht ist, durch die Luft entweichen kann, wenn man den Kolben bis an den Boden stößt; sofort verstopft man die Oeffnung mit einem Pfropfen, um desto sicherer zu seyn, daß keine Luft zwischen dem Kolben und dem Boden versteckt oder zusammengedrückt ist. Nach dieser Vorbereitung

Fig. 4.

zieht man den Stempel zurück, und hat, da die äußere Luft nicht durch die Röhre dringen kann, zwischen dem Boden und dem Kolben eine vollkommene Leere in der Röhre, die man nach Belieben vergrößern kann, wenn man den Kolben noch weiter herauszieht. Durch dieses Mittel kann man die Höhlung eines Gefässes von Luft entleeren, und findet, wenn man ein solches luftleeres Gefäß auf einer genauen Wage wäget, daß es weniger wiegt, als da es mit Luft angefüllt war, woraus man den wichtigen Schluß zieht, daß die in der Höhlung des Gefässes enthaltene Luft das Gewicht desselben vermehre, und also selbst ein Gewicht habe. Wenn das Gefäß so geräumig ist, daß es 800 Pfund Wasser fassen kann, findet man auf diese Art, daß die Luft, die dieselbe Höhlung ausfüllt, ohngefähr ein Pfund wiegt, woraus man schließt, daß die Luft ungefähr 800mal leichter sey als das Wasser[1] Dieß gilt jedoch nur von der gewöhnlichen atmosphärischen Luft, die uns umgibt und die wir einathmen, denn Ew. Hoheit weiß wohl, daß man die Luft künstlich verdichten kann, indem man sie in einen engern Raum zusammendrängt; und daß sie eben dadurch auch um so viel schwerer wird. Wenn das oben erwähnte Gefäß, das 800 Pfund Wasser enthalten könnte, mit einer Luft angefüllt wäre, welche doppelt so dicht wäre als die gewöhnliche, so würde es 2 Pfund mehr wägen als im leeren Zustande. Wäre es mit einer 800mal stärker zusammengedrückten Luft als die gewöhnliche angefüllt, so würde es 800 Pfund mehr als im leeren Zustande, oder eben so viel wägen, als wenn es mit Wasser angefüllt wäre. Da also die Luft ein schwerer Körper ist, obgleich in ihrem natürlichen Zustand diese Schwere ganz unbedeutend erscheint, so hat sie auch die Eigenschaft, nach unten zu drängen, und drückt also auf die Körper, die sich unter ihr befinden und ihr Herabsteigen verhindern. Aus diesem Grunde drückt somit die obere Luftschichte auf die untere, und diese befindet sich in einem Zustande der Verdichtung durch das Gewicht der ganzen Luftmasse über ihr. Daher kommt es, daß in unsrer Region die Luft einen gewissen Grad von Compression oder Dichte hat, in welchen sie durch das Gewicht der obern Luft versetzt wird; wäre daher die obere Luft mehr oder weniger schwer, so

[1] Nach den Experimenten der Herren Biot und Arago beträgt das Gewicht der trockenen Luft in der Temperatur des Gefrierpunktes und unter dem Druck von 0,^{m}76 bei gleichem Volumen $^{1}/_{770}$ von dem des destillirten Wassers.

würde davon auch unsre Luftschichte mehr oder weniger zusammengedrückt werden. So aber trägt die untere Luft das Gewicht der obern; je weiter wir daher auf einem Thurme oder auf einem Berge in die Höhe steigen, desto mehr verliert die Luft von ihrer Dichte, und wird dünner; und wäre es möglich, daß man immer höher steigen könnte, so würde sich die Luft endlich ganz und gar verlieren, oder so fein und so dünn werden, daß sie gar nicht mehr bemerklich wäre. Steigt man dagegen in einen tiefen Keller hinunter, so vermehrt sich die Dichte der Luft um ein Namhaftes, weil eine größre Menge Luft über ihr ist. Wenn man ein Loch bis zum Mittelpunkte der Erde machte, so würde die Dichte der Luft allmählig so weit zunehmen, daß sie die des Wassers und endlich gar die des Goldes erreichte.

Den 17. Mai 1760.

Zwölfter Brief.

Von der Atmosphäre und dem Barometer.

Nachdem ich gezeigt habe, daß die Luft eine flüssige, verdichtungsfähige Materie ist, bemerke ich noch, daß die ganze Erde von allen Seiten mit Luft umgeben ist, die man die Atmosphäre nennt. Es ist auch in der That unmöglich, daß irgend eine Gegend der Erde luftleer sey, und daß sich über ihr gar nichts befinden oder ein völlig leerer Raum seyn sollte; denn da die Luft der benachbarten Regionen durch das Gewicht der obern Luftschichten zusammengedrückt wird, und also beständig strebt sich auszudehnen, so würde sie sich alsbald über jene Gegend ausbreiten, und den leeren Raum ausfüllen. Auf gleiche Weise füllt die Atmosphäre den ganzen Raum um die Erde an, und allenthalben trägt die untere Luft die Last der obern, und wird von ihr zusammengedrückt. Nun wächst die Elasticität der Luft, sobald sie zusammengedrückt wird, und jeder Grad von Druck bringt einen gewissen Grad von Elasticität hervor, in welchem die Luft eine gleiche Gewalt anwendet, sich auszudehnen. Die Luft wird also von dem Gewicht der obern Luftschichten beständig und bis zu dem Grade zusammengedrückt, wo ihre Elasticität der drückenden Kraft gleich wird. Obwohl nun aber die Luft nur von oben gedrückt wird, strebt sie doch vermöge ihrer Elasticität, sich nach allen Gegenden auszudehnen und zwar nicht blos nach unten, sondern auch nach den Seiten zu. Aus diesem Grunde

wird auch die Luft in einem Zimmer eben so stark zusammengedrückt als die äußere, was freilich schon manchen Philosophen seltsam erschienen ist, denn, sagen sie, in einem Zimmer wird die untere Luft nur von der, die im Zimmer über ihr ist, zusammengedrückt, während die äußere Luft durch das ganze Gewicht der fast unermeßlich hohen Atmosphäre gedrückt wird. Dieser Zweifel wird jedoch zunächst gelöst durch die Eigenschaft der Luft, daß sie sich, wenn sie comprimirt worden, nach allen Seiten auszudehnen sucht, und die Luft des Zimmers wird zunächst durch die äußere Luft auf denselben Grad von Dichte und Elasticität gebracht. Ob wir uns also in einem Zimmer oder in freier Luft befinden, wir verspüren denselben Luftdruck, vorausgesetzt daß wir in gleicher Höhe oder gleicher Entfernung von dem Mittelpunkte der Erde uns befinden; denn ich habe schon erwähnt, die Luft sey, wenn man auf einen hohen Thurm oder einen hohen Berg steige, weniger dicht, weil alsdann das Gewicht der Luft über ihr kleiner sey. Verschiedene Erscheinungen bestätigen uns diesen Zustand von Luftdruck vollkommen. Wenn man eine Fig. 5. Röhre AB nimmt, die am Ende A verschlossen ist, sie mit Wasser oder einer andern flüssigen Materie füllt und dann umstürzt, so, daß das offne Ende B nach unten zu stehen kommt, so läuft nichts heraus. Die Elasticität oder der Druck der Luft, der gegen die flüssige Materie bei B andringt, erhält sie in der Röhre. Sobald man aber die Röhre bei A öffnet, so fällt die flüssige Materie herunter, denn die Luft wirkt nun auch von oben durch ihren Druck auf das Wasser, und treibt es also herunter. Daraus geht hervor, daß die Gewalt der äußern Luft das Wasser in der Röhre erhält, so lange oben geschlossen ist. Setzt man nun diese Röhre in ein Gefäß, aus dem man durch eine Luftpumpe die Luft weggenommen hat, so fällt das Wasser sogleich. Die Alten, denen diese Eigenschaft der Luft unbekannt war, sagten, daß die Natur, vermöge der Furcht oder des Abscheues, den sie vor dem leeren Raume habe, die flüssige Materie in der Röhre erhalte; denn, sagen sie, wenn die flüssige Materie herabsänke, so würde oben in der Röhre ein leerer Raum bleiben, weil die Luft keinen Durchgang fände um hineinzudringen. Ihren Begriffen nach war es also nur die Furcht vor dem leeren Raum, was die flüssige Materie verhinderte herunter zu sinken. Heutzutage ist man darüber einig, daß nur die Kraft der Luft das Gewicht der Flüssigkeit in der Röhre erhält;

A

B

und da diese Kraft ein bestimmtes Maaß hat, kann auch die Wirkung eine bestimmte Gränze nicht überschreiten. Man hat gefunden, daß, wenn die mit Wasser gefüllte Röhre A B länger ist als 33 Fuß, das Wasser nicht mehr oben bleibt, sondern so viel davon ausläuft, daß seine Höhe in der Röhre genau noch 33 Fuß beträgt; da nun dieselbe Kraft das Gewicht der ganzen Atmosphäre trägt, schließt man hieraus, daß das Gewicht der ganzen Atmosphäre dem einer Wassersäule von 33 Fuß Höhe gleichkomme[1]. Nimmt man anstatt des Wassers Quecksilber, das vierzehnmal schwerer ist, so ist die Kraft der Luft nur im Stande, es bis zu etwa 28 Zoll Höhe in der Röhre zu erhalten. Wenn also die Röhre höher ist, so sinkt das Quecksilber herunter, bis seine Höhe dem Druck der Atmosphäre gleichkommt und läßt in der Röhre über jenem einen leeren Raum. Eine solche Röhre, die oben verschlossen, unten offen und mit Quecksilber gefüllt ist, liefert das Instrument, das wir Barometer nennen, und durch welches man wahrgenommen hat, daß die Atmosphäre nicht immer gleich schwer ist. Man erkennt nämlich ihre wahre Schwere an der Höhe des Quecksilbers im Barometer, die durch Zunahme oder Abnahme anzeigt, daß die Luft in unserm Dunstkreise um etwas schwerer oder leichter geworden sey. Dieß ist der eigentliche Nachweis, welchen der Barometer gibt; je nachdem er also steigt oder fällt, ist es ein sicheres Zeichen, daß das Gewicht oder der Druck der Luft sich vermehrt oder vermindert; und dieß wollte ich Ew. Hoheit erläutern.

Den 20. Mai 1760.

Dreizehnter Brief.

Von den Windbüchsen und dem Grade des Luftdrucks im Schießpulver.

Nachdem ich Ew. Hoheit die besondere Eigenschaft der Luft, sich in einen kleinern Raum zwängen oder sich **condensiren** zu lassen, erklärt habe: sind wir im Stande, uns von verschiedenen Wirkungen der Natur und der Kunst Rechenschaft zu geben. Ich werde mit der Schilderung der Windbüchsen beginnen, weil ich glaube, daß dieses Instrument Ew. Hoheit bekannt ist. Die Construction dieser Gewehre ist beinahe die der gewöhnlichen

[1] Oder genauer ausgedrückt, eine Wassersäule von 33 Fuß Höhe wiegt soviel als eine Luftsäule von gleichem Querschnitt, welche vom Boden bis zur Gränze der Atmosphäre hinaufreicht.

Flinten, nur daß man sich anstatt des Pulvers verdichteter Luft bedient, um die Kugel abzuschießen. Zum Verständniß dieses Verfahrens muß hier erwähnt werden, daß man zur Verdichtung oder Condensation der Luft eine um so größre Gewalt anwenden muß, je größer ihre Dichte seyn soll. Wenn die Luft nämlich zusammengepreßt ist, strebt sie gewaltsam sich wieder auszudehnen; und die Gewalt bei diesem Bestreben ist gerade so groß als die Kraft, die nöthig war, um die Luft bis auf diesen Grad zu condensiren. Je mehr also die Luft verdichtet worden ist, desto größer ist auch ihr Bestreben sich auszudehnen; wenn daher die Luft zweimal so dicht geworden ist als gewöhnlich, was durch ihr Zusammendrücken auf einen zweimal geringeren Raum geschieht, so ist die Gewalt, mit der sie sich auszudehnen strebt, dem Druck einer Wassersäule von der Höhe von 33 Fuß gleich. Ew. Hoheit dürfen sich nur ein großes Faß von dieser Höhe, mit Wasser angefüllt, denken; das Wasser wird darin gewiß einen großen Druck gegen den Boden ausüben. Würde man ein Loch hineinbohren, so liefe das Wasser mit großer Gewalt heraus, und wollte man dieses Loch mit dem Finger zustopfen, so würde man diesen Druck des Wassers wohl verspüren; einem ähnlichen Drucke ist der Boden des Fasses allenthalben ausgesetzt. Nun wird ein Gefäß, das eine zweimal dichtere Luft als die gewöhnliche enthält, gerade einen eben so großen Druck verspüren, und, wenn es nicht stark genug ist, eine solche Gewalt auszuhalten, sogar springen; daher müssen die Wände eines solchen Gefäßes eben so stark seyn als der Boden des genannten Fasses. Wäre die Luft in diesem Gefäß dreimal so dicht als gewöhnlich, so würde ihr Druck noch einmal so groß, und demjenigen gleich seyn, welchen der Boden eines mit einer 66 Fuß hohen Wassersäule angefüllten Fasses aushält. Ew. Hoheit begreifen leicht, daß dieser Druck sehr groß seyn, und noch in eben demselben Verhältniß wachsen muß, wenn die Luft noch um vier-, fünf- oder sechsmal mehr verdichtet wird als gewöhnlich. Angenommen es sey auf dem Boden einer Windbüchse eine allerseits wohl verschlossene Höhlung, in welche man die Luft je mehr und mehr einzwängt, um sie daselbst zu einem so hohen Grade von Dichte zu bringen, als die anzuwendenden Kräfte es erlauben; und durch dieses Mittel bekomme die in dieser Höhlung eingeschlossene Luft eine sehr beträchtliche Gewalt sich wieder in Freiheit zu setzen, so wird, wenn man ein Loch darin anbringt, jene Luft in der That mit dieser Gewalt herausfahren. Bei der Windbüchse ist

nun wirklich ein solches Loch vorhanden und mündet in die Röhre, worein die Kugel geladen wird; das Loch ist fest verschlossen, wird aber beim Schusse mittelst einer gewissen Bewegung geöffnet, und die entweichende Luft treibt dann die Kugel mit derselben Gewalt fort, womit wir sie selber herausdringen sehen. Bei jedem Schusse bleibt zwar die Oeffnung nur einen Augenblick geöffnet, und somit entweicht nur eine geringe Menge Luft, so daß noch immer welche zu mehreren andern Schüssen übrig bleibt. Allein jedesmal vermindert sich die Dichte der Luft und somit auch ihr Druck, weßhalb auch die spätern Schüsse immer von geringerer Gewalt sind als die ersteren, und diese ihre Wirkung sich endlich ganz verliert. Bliebe die erwähnte Oeffnung lange offen stehen, so würde noch mehr Wind und größtentheils zwecklos entweichen, denn die Gewalt wirkt nur so lange auf die Kugel, als diese im Flintenlaufe steckt; sobald sie daher aus demselben entwichen ist, braucht auch das Loch nicht mehr länger offen zu stehen. Daraus geht hervor, daß wenn sich die Verdichtung der Luft noch weiter treiben ließe, man mit den Windbüchsen dieselben Wirkungen hervorbringen könnte, wie mit den gewöhnlichen Flinten und Kanonen. Die Wirkung des groben Geschützes ist in der That auch auf dieselben Grundsätze basirt; das Schießpulver ist nur ein Körper, der in seinen Poren eine ausnehmend verdichtete Luft enthält[1].

Die Natur hat hierin selbst die nämlichen Operationen gemacht, die wir machen, wenn wir die Luft zusammendrücken; nur hat die Natur hier diese Zusammendrückung auf einen weit höhern Grad getrieben. Es kommt blos darauf an, diese kleinen Höhlungen zu öffnen, wo diese verdichtete Luft eingeschlossen ist, um ihr einen freien Ausgang zu verschaffen. Das geschieht mittelst des Feuers, welches diese kleinen Höhlungen zersprengt; die eingeschlossene Luft entweicht dann mit der größten Gewalt auf

[1] Aus dieser Erklärung Euler's ersieht man den Zustand der Kindheit, worin sich zu seiner Zeit die Chemie als Wissenschaft noch befand. Das Schießpulver ist eine einfache Mischung von Salpeter (salpetersaurem Kali), Schwefel und Kohle, und enthält durchaus kein schon gebildetes Gas. Nur der Verbrennungs-Proceß des Pulvers veranlaßt die Bildung eines luftartigen Produkts, das aber durchaus kein homogenes Gas, wie Euler zu glauben scheint, sondern aus Kohlensäure, Stickstoff, Kohlen-Oxydgas und Wasserdampf zusammengesetzt ist. — Nach Gay-Lussac gibt ein Litre Schießpulver im Gewicht von 900 Grammen bei 0° und einem Drucke von $0^m,76$, etwa 450 Litres Gas, was also die Explosion mit all ihren Folgen genugsam erklärt.

einmal und treibt die Flinten- und die Kanonenkugeln auf eben die Art, wie wir bei den Windbüchsen gesehen haben. aber mit einer viel größern Gewalt, heraus. Hier haben wir also zwei erstaunliche Wirkungen, die beide von der Verdichtung der Luft herrühren, nur mit dem Unterschiede, daß bei der einen die Kunst, bei der andern die Natur selbst diese Verdichtung vorgenommen hat. Daher sieht man auch hier, wie allenthalben, daß die Wirkungen der Natur denjenigen unendlich überlegen sind, die die menschliche Geschicklichkeit hervorbringen kann; und wir finden überall den augenfälligsten Grund, die Weisheit und Macht des Schöpfers der Natur zu bewundern.

Den 21. Mai 1760.

Vierzehnter Brief.

Von der Einwirkung von Hitze und Kälte auf alle Körper, und von Pyrometern und Thermometern.

Außer den oben erklärten Eigenschaften der Luft existirt noch eine sehr merkwürdige, welche sie mit allen, selbst den festen Körpern, gemein hat, nämlich die Veränderung, welche Wärme und Kälte auf sie ausüben. Man bemerkt überhaupt, daß alle Körper durch Erwärmung größer werden. Eine erhitzte Eisenstange ist länger und dicker, als im kalten Zustande. Man hat ein Instrument, das Pyrometer, das vermöge seiner Construction die kleinsten Verlängerungen oder Verkürzungen anzeigt, welche eine in demselben befestigte Stange erleidet. Ew. Hoheit weiß, daß in einer Uhr einige Räder sehr langsam gehen, während die Bewegung anderer sehr schnell ist, obgleich diese durch die langsame Bewegung der erstern hervorgebracht wird. So kann man auch durch eine Art von Uhrwerk bezwecken, daß aus einer beinah unmerklichen Veränderung eine andre sehr beträchtliche entspringt; und dieß findet eben bei dem erwähnten Instrumente statt, das man Pyrometer nennt. Wenn eine Stange von Eisen oder irgend einer andern Materie hinein gebracht wird, und sich nur ein klein wenig verlängert oder verkürzt, so wird ein Zeiger, wie der an einer Uhr, dadurch getrieben, einen sehr beträchtlichen Raum zu durchlaufen; bringt man also eine Eisenstange oder einen anderen Körper in dieses Instrument, und setzt eine Lampe darunter, um die Stange zu erwärmen, so wird der Zeiger sogleich in Bewegung gesetzt und zeigt, daß die Stange länger

geworden ist; und je mehr die Wärme zunimmt, desto mehr nimmt auch die Stange an Länge zu. Löscht man aber die Lampe aus, und läßt die Stange wieder erkalten, so bewegt sich der Zeiger in entgegengesetzter Richtung, und zeigt dadurch an, daß die Stange kürzer wird. Inzwischen ist diese Veränderung so klein, daß man sie nur mit großer Mühe ohne die Hülfe dieses Instruments wahrnehmen könnte. Man bemerkt trotzdem eine ähnliche Veränderung auch in den Pendeluhren. Der Perpendikel derselben dient dazu, die Bewegung zu regeln. Verlängert man den Perpendikel, so geht die Uhr langsamer; verkürzt man den Pendel, so läuft sie geschwinder. Daher bemerkt man, daß bei großer Hitze alle derartige Uhren zu langsam, und bei großer Kälte zu geschwinde gehen, was ein sicheres Zeichen ist, daß der Perpendikel durch die Hitze länger und durch die Kälte kürzer wird. Eine solche Veränderlichkeit durch Wärme und Kälte findet sich in allen Körpern; nur ist sie nach der Beschaffenheit der Materie, aus der die Körper zusammengesetzt sind, sehr verschieden. Einige sind weit empfindlicher dagegen als andere. In den flüssigen Körpern ist diese Veränderlichkeit vorzüglich merklich. Um sich davon zu überzeugen, nimmt man eine Glasröhre BC, die am Ende B in eine hohle Kugel A ausläuft, und füllt sie mit irgend einer Flüssigkeit an, z. B. bis M. Erwärmt man nun die Kugel A, so steigt die Flüssigkeit von M nach C, und fällt beim Erkalten wieder gegen B, woraus klar hervorgeht, daß eben dieselbe Flüssigkeit in der Wärme einen größern, und in der Kälte einen kleinern Raum einnimmt. Man sieht auch, daß diese Veränderung merklicher seyn muß, wenn die Kugel weit und die Röhre enge ist; denn wenn die ganze Masse der Flüssigkeit sich um ihren tausendsten Theil vermehrt oder vermindert, so wird dieses Tausendstel einen um desto größern Raum in der Röhre einnehmen, je enger diese Röhre ist. Ein solches Instrument ist mithin ganz geeignet, uns die verschiedenen Grade von Wärme und Kälte anzuzeigen; denn wenn in diesem Instrumente die flüssige Materie steigt oder fällt, so ist es ein sicheres Zeichen, daß die Hitze zu- oder abnimmt. Dieses Instrument heißt Thermometer, und dient dazu, die Veränderungen der Wärme und Kälte anzuzeigen. Es ist wohl zu unterscheiden vom Barometer, der uns die Schwere der Luft oder vielmehr die Kraft angibt, womit die unteren Luftschichten zusammengedrückt sind. Dieser Wink ist desto noth-

Fig. 6.



wendiger, weil die Barometer und Thermometer sich gewöhnlich sehr ähnlich sehen, und beider Röhren mit Quecksilber gefüllt sind; ihre Construction aber und die Principien, worauf sie beruhen, sind ganz verschieden. Eben diese Eigenschaft aller Körper, sich in der Hitze auszudehnen und in der Kälte zusammenzuziehen, kommt auch der Luft zu, und zwar in einem sehr hohen Grade. Ich werde davon in meinem nächsten Briefe ausführlicher reden. Den 27. Mai 1760.

Fünfzehnter Brief.

Von den Veränderungen, welche durch Wärme und Kälte in der Atmosphäre hervorgebracht werden.

Wärme und Kälte üben auf die Luft die Wirkung aus, wie auf alle andre Körper. Durch Wärme wird die Luft ausgedehnt, durch Kälte verdichtet. Nach dem oben Erklärten nimmt eine gewisse Luftmenge nicht einen bestimmten Raum ein, wie alle übrigen Körper; sondern die Luft strebt von Natur aus, sich immer weiter auszudehnen, und dehnt sich auch wirklich aus, sobald sie kein Hinderniß mehr findet, das sich ihrer weitern Ausdehnung widersetzet. Diese Eigenschaft der Luft nennt man Elasticität. Wenn also die Luft in ein Gefäß eingeschlossen ist, strebt sie, dieses Gefäß zu sprengen, und dieses Bestreben ist um so größer, je dichter die Luft im Gefäß ist; daraus hat man die Regel gezogen, daß die Elasticität der Luft im Verhältniß zu ihrer Dichte steht; so daß, bei zweimal dichterer Luft auch ihre Elasticität zweimal größer ist, und überhaupt jedem Grade der Dichte ein gewisser Grad von Elasticität entspricht, hier müssen wir aber bemerken, daß diese Regel nur so lange wahr ist, als die Luft denselben Wärmegrad behält. Sobald die Luft wärmer wird, bekommt sie auch eine größere Gewalt der Ausdehnung, als eigentlich ihrer Dichte zukäme; und die Kälte übt einen entgegengesetzten Einfluß aus, indem sie die ausdehnende Kraft vermindert. Um also die wahre Elasticität einer Masse Luft zu erfahren, genügt es nicht allein, ihre Dichte zu wissen, sondern man muß auch ihren Wärmegrad kennen. Um dieß deutlicher zu machen, wollen wir zwei allseitig fest verschlossene Zimmer annehmen, die aber durch eine Thüre mit einander verbunden sind und in welchen beiden derselbe Wärmegrad herrscht. Die Luft muß also auch in beiden den

gleichen Grad von Dichte besitzen: denn wäre die Luft in dem einen dichter und also elastischer als in dem andern, so würde ein Theil aus diesem heraus und in jenes übergehen, bis der Grad der Dichte in beiden Zimmern gleich wäre. Nehmen wir aber nun an, das eine Zimmer werde wärmer als das andre; die Luft wird also, sobald sie hier eine größere Elasticität bekommt, sich faktisch ausdehnen und, indem sie in das andere Zimmer hineindringt, die Luft hier in einen engern Raum zusammendrängen, bis die Elasticität in beiden Zimmern wieder auf den gleichen Grad kommt. So lange dieß vorsichgeht, wird ein Wind durch die Thüre aus dem warmen Zimmer in das kalte dringen; und wenn das Gleichgewicht wieder hergestellt ist, wird die Luft im warmen Zimmer dünner und im kalten dichter geworden seyn: die Elasticität der beiderseitigen Luft wird aber gleichwohl dieselbe seyn. Daraus erhellt, daß zwei Luftmassen von ungleicher Dichte doch dieselbe Elasticität haben können, wenn nämlich die eine wärmer ist als die andre; und unter dieser Bedingung also können zwei Luftmassen von demselben Dichtegrade verschiedne Grade von Elasticität haben. Was ich oben von zwei Zimmern gesagt habe, läßt sich auch auf zwei Gegenden anwenden, und daraus geht hervor, daß, wenn eine Gegend wärmer wird als eine andere, die Luft nothwendig von der einen nach der andern hinströmen muß; woraus der Wind entsteht. Dieß ist also schon eine beständige Ursache von Winden, obgleich es vielleicht noch andere geben mag, die auf den verschiedenen Wärmegraden der verschiedenen Gegenden der Erde beruhen; es läßt sich nachweisen, daß die ganze Luft um die Erde herum nicht eher in Ruhe seyn könnte, als bis allenthalben in gleicher Höhe einerlei Grad von Dichte wie von Wärme herrscht, und wenn auf einmal auf der ganzen Erde kein Wind wäre, so könnte man daraus sicher schließen, daß die Luft in gleicher Entfernung von der Erde allenthalben gleich dicht und gleich warm sey. Weil jedoch das niemals geschieht, so muß es schlechterdings beständig Winde geben, wenigstens in einigen Regionen der Luft; aber diese Winde finden sich größtentheils nur auf der Oberfläche der Erde, und je höher man kommt, desto weniger heftig sind die Winde. Auf den höchsten Bergen verspürt man beinahe gar keinen Luftzug mehr, sondern es herrscht dort vielmehr eine beständige Windstille, woraus unwiderlegbar hervorgeht, daß in beträchtlicher Höhe die Luft immer ruhig seyn muß. Daraus folgt, daß

in sehr hohen Gegenden allenthalben auf der ganzen Erde derselbe Grad von Wärme und Dichte der Luft herrsche, denn wäre es an einem Orte wärmer als am andern, so könnte die Luft nicht ruhig seyn, sondern es müßte einen Wind geben. Weil es also keinen Wind in diesen höheren Regionen gibt, muß dort nothwendig der Wärmegrad allenthalben und beständig derselbe seyn. Allerdings liegt hierin ein auffallender Widerspruch, wenn man an die großen Abwechselungen von Wärme und Kälte denkt, die wir auf Erden nur innerhalb eines Jahres und selbst von einem Tage zum andern verspüren, von den verschiedenen Climaten noch gar nicht zu reden, sowie von der unerträglichen Hitze unter der Linie, und der fürchterlichen Kälte an den Polen. Indessen bestätigt doch die Erfahrung die Wahrheit dieses großen Widerspruchs: auf den Hochgebirgen der Schweiz bleiben Schnee und Eis im Sommer wie im Winter; und auf den Cordilleren, hohen Bergen in Peru in Amerika, die fast dicht unter der Linie liegen, bleibt Schnee und Eis, und eine eben so schneidende Kälte als in den Polargegenden. Die Höhe dieser Berge beträgt nicht einmal eine deutsche Meile oder 24,000 Fuß; woraus man also sicher schließen kann, daß, wenn wir bis zu einer Höhe von 24,000 Fuß über die Erde uns erheben könnten, wir allenthalben denselben Kältegrad, und zwar eine sehr strenge Kälte, treffen würden [1]. Wir würden dort weder im Winter noch im Sommer, weder unter'm Aequator noch an den Polen den geringsten Unterschied wahrnehmen. In dieser und einer noch größern Höhe ist der Zustand der Atmosphäre beständig derselbe; und ein Wechsel von Wärme und Kälte findet nur unten an der Erdoberfläche statt. Nur hier unten wird die Wirkung der Sonnenstrahlen merklich. Ew. Hoheit werden ohne Zweifel begierig seyn die Ursache davon zu wissen; und die Erklärung derselben soll Gegenstand meines nächsten Briefes seyn.

Den 31. Mai 1760.

[1] Euler täuscht sich hier einigermaßen: die Gränze des ewigen Schnees wechselt mit der geographischen Breite. Dem Annuaire du Bureau des Longitudes zufolge beträgt die Höhe der untern Schneegränze

unter	0°	der Breite oder dem Aequator . .	4800	Metres.
„	20°	„ „	4600	„
„	45°	„ „	2550	„
„	65°	„ „	1500	„

Sechszehnter Brief.

Warum man überall und zu allen Jahreszeiten denselben Kältegrad verspürt, wenn man entweder auf die höchsten Berge oder in die tiefsten Höhlen hinunter steigt.

Es ist eine seltsame Erscheinung, daß man allenthalben auf der Erde, wenn man bis auf eine sehr große Höhe, z. B. von 24,000 Fuß kömmt (vorausgesetzt, daß das möglich wäre), einen gleichen Kältegrad verspürt, während doch hier unten bei uns der Wärmewechsel nicht nur nach Maßgabe der verschiedenen Klimate, sondern auch an demselben Orte zu verschiedenen Jahreszeiten so groß ist. Diese Veränderung rührt hier unten bei uns offenbar von der Sonne her und ihr Einfluß scheint doch in der Höhe und in der Tiefe derselbe zu seyn, besonders wenn wir bedenken, daß eine Höhe von 24,000 Fuß im Verhältniß zur Entfernung der Sonne, die ungefähr 30 Millionen Meilen beträgt, schlechterdings nichts ist; obwohl sie in unsern Augen sehr groß erscheint, und selbst über die höchsten Wolken hinausragt; dieß ist also eine sehr wichtige Frage, die man zu lösen suchen muß. Zu diesem Behufe bemerke ich zuvörderst, daß die Sonnenstrahlen die Körper nur in so weit erwärmen, als die Körper ihnen keinen freien Durchgang gestatten. Ew. Hoheit wissen, daß man diejenigen Körper durchsichtig nennt, durch welche hindurch man die Gegenstände sehen kann. Solche Körper sind das Glas, der Krystall, der Diamant, das Wasser und verschiedene andere flüssige Körper, obgleich die einen mehr oder weniger durchsichtig sind als die andern. Wenn ein solcher durchsichtiger Körper der Sonne ausgesetzt wird, wird er davon nicht so erhitzt als ein anderer nicht durchsichtiger Körper, wie Holz, Eisen ꝛc. Solche undurchsichtige Körper heißen dunkle Körper; auf diese Weise entzündet ein Brennglas, indem es die Sonnenstrahlen durch sich hindurch läßt, die dunkeln Körper, ohne selbst sehr warm zu werden. So wird das Wasser, wenn es an die Sonne gesetzt wird, nur in so weit ein wenig warm, als es nicht vollkommen durchsichtig ist; und wenn wir sehen, daß das Wasser an den Ufern der Flüsse ziemlich von der Sonne erwärmt wird, so rührt dieß daher, daß der Grund des Flusses, als dunkler Körper von den Strahlen, die das Wasser durchläßt, erwärmt wird. Nun erwärmt jeder heiße Körper die ihm benachbarten: also wird auch das Wasser, von dem ich rede, durch den Boden erwärmt. Wenn jedoch das Wasser sehr tief ist, so daß die Strah-

len nicht bis auf den Grund dringen können, so verspürt man beinahe keine Wärme, wenn auch die Sonne noch so stark darauf scheint. Nun ist die Luft ein sehr durchsichtiger Körper, und selbst noch in höherem Grade durchsichtig als Glas oder Wasser; woraus denn folgt, daß die Luft von der Sonne nicht erwärmt werden kann, weil die Strahlen frei hindurch gehen. Alle Wärme, die wir oft in der Luft empfinden, wird ihr bloß von dunkeln Körpern, die durch die Strahlen der Sonne erwärmt sind, mitgetheilt, und wenn es möglich wäre, alle diese Körper zu vernichten, so würde die Luft in ihrer Temperatur beinahe gar keine Veränderung durch die Sonnenstrahlen erleiden, sondern gleichmäßig kalt bleiben, ob sie nun der Sonne ausgesetzt wäre oder nicht. Inzwischen ist hier unten bei uns die Luft nicht vollkommen durchsichtig, sondern manchmal so mit Dünsten angefüllt, daß sie beinahe ganz ihre Durchsichtigkeit verliert, und uns nur einen Nebel sehen läßt; wenn die Luft sich in diesem Zustande befindet, so können die Sonnenstrahlen kräftiger auf sie einwirken und sie unmittelbar erwärmen. Aber solche Dünste steigen nicht sehr hoch auf, und in einer Höhe von 24,000 Fuß und drüber wird die Luft so fein und so rein, daß sie vollkommen durchsichtig ist, weshalb die Sonnenstrahlen hier unmittelbar keine Wirkung auf sie thun. Diese Luft ist auch zu entfernt von den irdischen Körpern, als daß diese ihnen Wärme mittheilen könnten, denn eine solche Mittheilung kann nicht weithin wirken. Daraus werden Ew. Hoheit leicht einsehen, daß in sehr hohen Regionen über der Erdoberfläche die Sonnenstrahlen keine Wirkung hervorbringen können, und deßhalb dort beständig und allenthalben derselbe Kältegrad herrschen muß, weil die Sonne keinen Einfluß auf sie hat, und die Wärme der irdischen Körper sich nicht bis dorthin verbreiten kann. Dasselbe findet so ziemlich auf hohen Bergen statt, wo es immer kälter ist als in Ebenen und Thälern. Die Stadt Quito in Peru liegt beinahe unter dem Aequator, und ihrer Lage nach zu urtheilen, müßte die Hitze dort unerträglich seyn; gleichwohl ist die Luft ziemlich gemäßigt, und wenig von der Pariser Temperatur verschieden. Allein diese Stadt liegt in bedeutender Höhe über der eigentlichen Erdoberfläche; wenn man von der Seeküste aus dorthin reist, muß man einige Tage lang beständig steigen, weil die Gegend von Quito so hoch liegt, als die höchsten Berge der sogenannten Cordilleren-Kette. Aus dem letzten Grunde sollte

man meinen, die Luft daselbst müsse ebenso warm werden, wie auf der eigentlichen Erdoberfläche, weil sie überall an dunkle Körper stößt, auf welche die Sonnenstrahlen fallen. Dieser Einwurf ist sehr gewichtig, und es möchte keinen andern Grund dafür geben, als den, daß die Luft zu Quito wegen der bedeutenden Höhe auch sehr fein und weniger schwer ist als bei uns, wie das Barometer unwidersprechlich beweist, das dort einige Zoll niedriger steht als bei uns. Eine solche Luft aber kann nicht so viel Wärme aufnehmen als eine dichtere, weil sie nicht so viel Dünste und andere Theilchen, die gewöhnlich in der Luft herumschwimmen, enthalten kann; aber wir wissen aus der Erfahrung, daß eine sehr mit Dünsten angefüllte Luft der Erwärmung weit fähiger ist. Ich kann noch eine ähnliche ebenso auffallende Erscheinung hier anführen; die nämlich: daß in sehr tiefen Kellern oder noch tiefer, wenn es möglich wäre dahin zu kommen, durchaus und beständig eben derselbe Grad von Wärme herrscht. Der Grund davon ist beinahe derselbe. Da nämlich die Sonnenstrahlen eigentlich nur auf die Oberfläche der Erdkugel einwirken, von wo aus sich die Wärme sowohl in die Höhe als in die Tiefe ausbreitet; da diese Verbreitung sich aber nicht weit erstrecken kann, so sind große Tiefen so wie große Höhen schlechterdings unempfindlich dagegen[1]. Diese Erklärung wird hoffentlich Ew. Hoheit Neugierde befriedigen.

Den 3. Juni 1760.

Siebenzehnter Brief.

Von den Lichtstrahlen und den Systemen Descartes' und Newton's.

Nachdem ich so viel von den Sonnenstrahlen gesprochen, die den Grund aller Wärme und alles Lichts, deren wir uns erfreuen, bilden, werden Ew. Hoheit ohne Zweifel fragen: was denn die Sonnenstrahlen seyen? Dieß ist ohne Widerrede eine der wichtigsten Fragen in der Physik, und die Erklärung einer

[1] Mehrfach angestellte Beobachtungen in den tiefsten Bergwerken haben ergeben, daß die Temperatur der Erdkugel in fortschreitender Tiefe um 1 Grad Celsius auf jede Strecke von 25 bis 30 Metres zunimmt. Weil aber diese Zunahme sich nicht aus den täglichen und jährlichen Temperatur-Veränderungen an der Erdoberfläche erklären läßt, hat man daraus mit Recht geschlossen, die Erde besitze von Anbeginn eine eigene immanente Wärme, die sie erst allmählig durch Ausstrahlen in den Weltraum einbüße.

Menge von Erscheinungen hängt davon ab. Alles was das Licht anlangt und uns die Gegenstände sichtbar macht, hängt mit dieser Frage genau zusammen. Die alten Philosophen scheinen sich sehr wenig um die Lösung dieser Frage bekümmert zu haben, denn die meisten begnügten sich damit zu sagen: die Sonne besitze eine wärmende und leuchtende Kraft; aber man fragt nun auch mit vollem Rechte: worin besteht denn diese Kraft? Kommt etwas von der Sonne selbst oder von ihrer Substanz zu uns? Oder käme hier derselbe Fall vor wie bei einer Glocke, deren Schall auch bis zu uns gelangt, ohne daß auch nur der kleinste Theil der Glocke unsern Ohren nahe gebracht würde, wie ich Eurer Hoheit weiter oben bei der Erläuterung der Fortpflanzung und Wahrnehmung des Schalls auseinanderzusetzen die Ehre hatte. Descartes (Cartesius), der erste unter den neueren Philosophen, stellte die Behauptung auf, laut welcher der ganze Weltraum mit einer sehr feinen Materie aus winzigen Kügelchen erfüllt seyn sollte, welche er das zweite Element nannte; inmitten dieses Raumes setzt er nun die Sonne als in beständiger Bewegung begriffen, so daß sie fortwährend auf diese Kügelchen stößt, und diese ihre Bewegungen im Augenblick über das ganze Weltall hin fortpflanzen. Seit man aber entdeckt hat, daß die Sonnenstrahlen nicht in einem Augenblicke bis zu uns kommen, sondern ungefähr 8 Minuten Zeit brauchen, diese große Strecke zu durchlaufen, so ist man von Descartes' Ansicht abgekommen, welche noch manche andere Schwierigkeiten und Unrichtigkeiten hatte. Später hat der große Newton jene erste Ansicht aufgenommen und behauptet, die Sonnenstrahlen gehen wirklich vom Sonnenkörper aus; und es werden äußerst feine Theilchen davon mit einer solch unbegreiflichen Geschwindigkeit fortgeschleudert, daß sie in etwa 8 Minuten von der Sonne zu uns gelangen. Diese Ansicht, welcher die meisten heutigen Naturforscher, und besonders die Engländer beipflichten, wird das Emanations-System genannt, weil man glaubt, die Strahlen fließen wirklich von der Sonne und ebenso von jedem andern leuchtenden Körper aus, wie das Wasser aus einem Brunnen quillt oder ausfließt. Diese Ansicht erscheint schon auf den ersten Blick kühn und vernunftwidrig, denn würfe die Sonne beständig nach allen Seiten derartige Ströme von Leuchtstoff mit einer so erstaunlichen Geschwindigkeit aus, so müßte allem Anschein nach die Materie der Sonne bald davon erschöpft seyn, oder man müßte wenig-

stens in so vielen Jahrhunderten einige Abnahme bemerken, was doch allen Erfahrungen zuwider ist. So gewiß ein Brunnen, der nach allen Seiten Wasser springen ließe, desto früher versiegen würde, je größer die Geschwindigkeit wäre, so gewiß müßte die erstaunliche Geschwindigkeit der Lichtstrahlen den Sonnenkörper bald erschöpfen. So fein man auch die Theilchen, aus denen diese Strahlen bestehen sollen, annehmen mag, so wenig gewinnt man damit, und das System bleibt immer gleich unwahrscheinlich. Man kann nicht sagen, daß dieses Ausfließen nicht ringsherum und nach allen Seiten hin stattfinde, denn an was für einen Ort man sich auch immer stellen mag, so sieht man stets die Sonne ganz, was unwiderspréchlich beweist, daß von allen Punkten der Sonne Strahlen gegen diesen Ort auslaufen. Der Fall ist also noch sehr von dem eines Springbrunnens verschieden, wenn dieser auch das Wasser nach allen Seiten springen ließe. Denn hier ist doch immer nur ein einziger Ort, von welchem der Strom in einer gewissen Richtung ausgeht, und jeder Punkt schießt nicht mehr als einen einzigen Wasserstrahl; bei der Sonne aber sendet jeder Punkt ihrer Oberfläche eine unendliche Menge von Strahlen nach allen Richtungen hin aus. Dieser einzige Umstand schon vermehrt in's Unendliche den Aufwand, den die Sonne an Leuchtstoff machen müßte. Aber es ist auch noch eine nicht geringere Schwierigkeit dabei, die nämlich: daß nicht bloß die Sonne, sondern auch alle Sterne Strahlen aussenden. Wenn es also allenthalben Strahlen der Sonne und der Sterne gäbe, die sich begegneten, mit welcher Gewalt müßten sie nicht gegen einander stoßen, und wie sehr müßte ihre Richtung nicht dadurch geändert werden? Ein ähnliches Durchkreuzen der Lichtstrahlen müßte bei allen leuchtenden Körpern, die man aufeinmal sieht, statthaben: und doch erscheint jeder deutlich, ohne im Entferntesten durch die übrigen gestört zu werden, — ein sicherer Beweis, daß mehrere Strahlen durch denselben Punkt gehen können, ohne einander zu stören, was mit dem Emanationssystem unverträglich erscheint. Man braucht in der That nur zwei Wasserstrahlen von Springbrunnen sich begegnen zu lassen, um sogleich zu sehen, daß sie sich in ihren Bewegungen ungemein stören; und daraus geht deutlich hervor, daß die Bewegung der Lichtstrahlen wesentlich verschieden ist von der der Wasserstrahlen und überhaupt aller andern Materien, die geworfen werden können. Wenn man ferner durchsichtige Körper betrachtet, durch welche die Strahlen

frei und nach allen Seiten hindurch gehen, werden die Anhänger dieser Ansicht sagen müssen, daß diese Körper geradlinigte Poren haben, die von jedem Punkte nach allen Seiten hindurch gehen; da man sich keine Linie an ihnen denken kann, durch welche nicht ein Sonnenstrahl und zwar mit dieser unbegreiflichen Geschwindigkeit und ohne anzustoßen hindurchdringen könnte. Es gäbe demnach sehr durchlöcherte Körper, welche trotzdem sehr dicht erscheinen. Ferner müssen die Strahlen in unser Auge gelangen und mit derselben Geschwindigkeit durch dasselbe dringen, wenn wir sehen sollen. Ich glaube, alle diese Hindernisse werden Ew. Hoheit genugsam überzeugen, daß dieses Emanationssystem nirgends in der Natur Statt haben kann; und Ew. Hoheit werden ohne Zweifel erstaunen, daß eben dieses System von einem so großen Manne ausgesonnen und von so vielen aufgeklärten Naturforschern angenommen werden konnte. Aber schon Cicero hat sich dahin geäußert: es lasse sich nichts so Ungereimtes denken, was nicht die Philosophen zu behaupten im Stande wären. Ich für meinen Theil bin zu wenig Philosoph, um dieser Ansicht beizutreten.

Den 7. Juni 1760.

Achtzehnter Brief.

Von den Schwierigkeiten, auf welche man in genanntem Emanations-Systeme stößt.

So seltsam auch die Ansicht des großen Newton scheinen mag, daß die Sonnenstrahlen durch einen wirklichen Ausfluß der Sonne zu uns kommen, so hat sie doch einen so allgemeinen Beifall gefunden, daß man lange kaum daran zu zweifeln wagte. Am meisten hat dazu das große Ansehen dieses ausgezeichneten englischen Naturforschers beigetragen, der zuerst die wahren Gesetze von der Bewegung der himmlischen Körper entdeckt hat. Eben diese Entdeckung aber hat ihn auf das System der Emanation gebracht. Descartes mußte zur Unterstützung seiner Behauptung den ganzen Weltraum mit einer feinen Materie anfüllen, durch welche alle himmlische Körper sich frei hindurchbewegen könnten. Nun weiß man aber, daß jeder Körper, der sich durch die Luft bewegt, einen gewissen Widerstand findet, und daraus schloß Newton, daß, wie fein man auch die Materie des Himmelsraumes annehme, die Planeten doch einigen Widerstand in ihrer Bewegung finden müßten. Aber diese Bewegung,

sagt er, ist keinem Widerstand unterworfen, und somit kann auch der unermeßliche Himmelsraum keine Materie enthalten, muß also eine völlige Leere seyn; es ist eine der Hauptlehren der Newtonschen Philosophie, daß das unermeßliche Weltall in den Zwischenräumen der Himmelskörper gar keine Materie enthalte. Dem zufolge also muß von der Sonne bis zu uns oder wenigstens bis zur Atmosphäre der Erde eine vollkommene Leere vorhanden seyn; und in der That, je höher wir kommen, desto feiner finden wir die Luft; so daß sie sich endlich ganz zu verlieren scheint. Ist nun der Raum zwischen der Sonne und der Erde absolut leer, so können unmöglich die Sonnenstrahlen mittelst derselben Art von Fortpflanzung zu uns kommen, wie der Schall einer Glocke durch die Luft fortgepflanzt wird; denn wenn man die Luft von der Glocke bis zu uns hinwegnähme, so könnten wir schlechterdings nichts mehr hören, würde man auch noch so stark an die Glocke schlagen. Nimmt man also eine völlige Leere zwischen den Himmelskörpern an, so kann man keine andere Ansicht als die Emanationstheorie aufstellen, und dieser Grund eben hat Newton zu der Behauptung veranlaßt, daß die Sonne und die übrigen Leuchtkörper wirklich Strahlen aussenden, und daß die Strahlen immer ein wirklicher Theil des Leuchtkörpers seyen, welcher mit unbegreiflicher Gewalt fortgestoßen wird. Es müßte freilich eine fürchterliche Gewalt seyn, welche den Strahlen diese unbegreifliche Geschwindigkeit mittheilen könnte, durch welche sie in acht Minuten von der Sonne bis zu uns gelangen. Aber wir wollen jetzt sehen, ob diese Erklärung neben der eigentlichen Absicht Newton's, eine absolute Leere im Himmelsraum anzunehmen, damit die Planeten keinen Widerstand fänden, bestehen kann. Ew. Hoheit wird leicht einsehen, daß die Himmelsräume anstatt leer zu bleiben, mit Strahlen sowohl von der Sonne, als auch noch von allen Seiten und nach allen Richtungen hin, und überdieß mit der größten Geschwindigkeit durch sie hinführen. Die Himmelskörper also, welche in diesem Raum sich bewegen, werden statt einer vollkommnen Leere die Materie der Lichtstrahlen in der furchtbarsten Bewegung vorfinden, wodurch diese Körper weit mehr in ihrem Lauf gestört werden müssen, als wenn diese Materie in Ruhe wäre. Newton also gerieth aus Besorgniß, daß eine dünne Materie, wie sie Descartes annahm, den Lauf der Planeten stören könnte, auf einen seltsamen und seinem Zweck

gerade widerstrebenden Ausweg, weil eben durch dieses Mittel die Bewegung der Planeten eine bei Weitem größere Störung erleiden müßte. Ein trauriges Beispiel von menschlicher Weisheit, die oft, um einer Schwierigkeit auszuweichen, in weit größere Ungereimtheiten verfällt. Ich habe Ew. Hoheit schon sehr viel unübersteigliche Schwierigkeiten in dem System der Emanation gezeigt, und wir sehen nun, daß der hauptsächlichste und sogar der einzige Grund, der Newton auf diese Ansicht führte, an und für sich so widersprechend ist, daß diese dadurch ganz und gar umgestoßen wird. Alle diese Gründe zusammen können uns keinen Augenblick unschlüssig lassen, dieses seltsame System der Licht-Emanation zu verlassen, wie groß auch immer das Ansehen des Philosophen seyn mag, der es zuerst aufgestellt hat. Newton ist unstreitig einer der größten Geister gewesen, die jemals gelebt haben, und sein tiefes Wissen und sein Scharfblick in die verborgensten Geheimnisse der Natur wird stets für uns und die Nachwelt der Gegenstand größter Bewunderung bleiben; aber gerade die Verirrungen dieses großen Mannes müssen dazu dienen, uns zu demüthigen und die Schwäche des menschlichen Verstandes anzuerkennen, der, wenn er sich auf die höchste Stufe erhoben hat, welche Menschen erreichen können, trotzdem oft Gefahr läuft, in die gröbsten Irrthümer zu verfallen. Wenn wir schon in unsern Untersuchungen über die Erscheinungen dieser sichtbaren Welt so bedeutenden Irrthümern unterworfen sind, wie unglücklich müßten wir nicht seyn, wenn uns Gott in Ansehung der unsichtbaren Dinge, die unser ewiges Heil betreffen, uns selbst überlassen hätte! Ueber diesen wichtigen Punkt ist uns eine Offenbarung schlechthin nothwendig gewesen; wir müssen sie uns also mit der größten Ehrfurcht zu Nutz machen; und wenn sie uns Dinge vor die Augen rückt, welche unbegreiflich scheinen, so dürfen wir uns nur an die Schwäche unsrer Vernunft erinnern, die sich so leicht in sichtbaren Dingen irrt. So oft ich solche starke Geister sehe, die über die Wahrheit unsrer Religion richten, und sogar mit der unverschämtesten Dreistigkeit über sie spotten, so denke ich: Elende Menschen! um wie viel erhabener sind nicht die Sachen, über welche ihr so leichtsinnig absprechet, als diejenigen, bei denen der große Newton sich so gröblich irrete! Ich wünschte, daß Ew. Hoheit niemals diese Betrachtung vergäße: man kommt hienieden nur gar zu oft in den Fall, sie nöthig zu haben.

Den 10. Juni 1760.

Neunzehnter Brief.

Erläuterung eines andern Systems über das Wesen der Sonnenstrahlen und des Lichts.

Ew. Hoheit haben gesehen, daß das Emanations-System großen Schwierigkeiten unterworfen ist, und daß die Annahme von einer den ganzen Raum zwischen den Himmelskörpern einnehmenden Leere unstatthaft ist, weil die Lichtstrahlen selbst diesen Raum ganz ausfüllen würden. Man muß also zwei Sachen zugeben, einmal daß die Räume zwischen den Himmelskörpern mit einer feinen Materie erfüllt sind, und zum andern, daß die Strahlen nicht, wie Newton angenommen hat, ein wirklicher Ausfluß aus der Sonne oder andern Leucht-Körpern sind, durch die ein Theil ihrer Substanz aus ihnen fortgestoßen wird. Diese feine Materie, die den ganzen Himmelsraum zwischen den Himmels-Körpern einnimmt, ist der Aether, dessen äußerste Feinheit keinem Zweifel unterliegen kann. Um uns davon einen Begriff zu machen, dürfen wir nur die Luft betrachten, die schon hier unten eine sehr feine Materie ist, und gleichwohl noch immer feiner wird, je höher man steigt, bis sie sich endlich, so zu sagen, ganz verliert oder vielmehr sich mit dem Aether vermischt. Der Aether ist also auch eine flüssige Materie wie die Luft, aber unendlich viel feiner und dünner, weil wir wissen, daß die Himmelskörper sich frei in ihm bewegen, ohne einen Widerstand zu finden. Freilich hat er auch eine Elasticität, durch welche er sich nach allen Seiten auszubreiten, und in die Räume zu dringen strebt, die leer seyn könnten; so daß, wenn der Aether durch einen Zufall von einem Orte vertrieben wäre, der Aether der Nachbarschaft augenblicklich dahin dringen und die Leere von Neuem ausfüllen würde. Vermöge dieser Elasticität ist der Aether nicht blos oben über unsrer Atmosphäre, sondern er durchdringt sie auch allenthalben; er dringt auch in die Poren aller Körper ein, so daß er frei durch alle diese Poren zieht. Wenn man also z. B. auch durch die Luftpumpe ein Gefäß auspumpt, darf man doch nicht glauben, daß alsdann ein leerer Raum darin sey; vielmehr erfüllt jetzt der Aether, der durch die Poren des Gefässes dringt, dieses augenblicklich; ebenso wenn man eine ziemlich lange Glasröhre mit Quecksilber füllt und dann umkehrt, um ein Barometer daraus zu machen, so glaubt man oben über dem Quecksilber einen leeren Raum zu sehen, weil keine Luft durch das Glas

dringen kann; aber dieser blos scheinbar-leere Raum ist gewiß mit Aether erfüllt, der ohne Schwierigkeit hinein kommt. Durch diese Feinheit und Elasticität des Aethers werde ich Ew. Hoheit später alle die erstaunlichen Erscheinungen der Electricität erklären. Es ist sogar wahrscheinlich, daß der Aether noch weit elastischer ist als die Luft, und daß eine Menge Wirkungen in der Natur durch diese Kraft hervorgebracht werden. Ich zweifle selbst nicht, daß die Zusammendrückung der Luft im Schießpulver ein Werk dieser Gewalt der Elasticität des Aethers sey [1]; und da wir aus Erfahrung wissen, daß die Luft darin beinahe tausendmal dichter als die gewöhnliche, und in diesem Zustande ihre Elasticität um eben so viel größer ist, so müßte die Elasticität des Aethers eben so groß, folglich tausendmal größer seyn, als die gewöhnliche der Luft ist. Wir werden uns also einen richtigen Begriff vom Aether machen, wenn wir ihn als eine der Luft ähnliche flüssige Materie ansehen, nur mit dem Unterschiede, daß der Aether bei Weitem feiner, und also auch weit elastischer ist als die Luft.

Da wir nun schon oben gesehen haben, daß die Luft eben durch diese Eigenschaften geeignet wird, die Bewegungen oder Schwingungen tönender Körper anzunehmen und sie nach allen Seiten zu verbreiten, wodurch eben die Fortpflanzung des Schalls geschieht, so geht daraus natürlich hervor, daß der Aether unter ähnlichen Umständen auch solche Erschütterungen annehmen, und sie nach allen Richtungen auf die größten Entfernungen hin fortpflanzen könne. Wenn uns nun die Erschütterungen der Luft den Schall liefern, was werden wohl die Erschütterungen des Aethers hervorbringen? Ew. Hoheit werden wohl leicht errathen, daß es das Licht oder die Lichtstrahlen sind. Das Licht scheint demnach zum Aether sich gerade so zu verhalten, wie der Schall zur Luft, und die Lichtstrahlen scheinen nichts anders seyn, als die durch den Aether fortgepflanzten Schwingungen oder Erschütterungen, gerade so, wie der Schall in den durch die Luft fortgepflanzten Erschütterungen oder Schwingungen besteht. Es kommt also eigentlich nichts von der Sonne zu uns, so wenig als von einer Glocke, wenn ihr Schall an unser Ohr schlägt. In diesem Lehrgebäude läuft also die Sonne nicht Gefahr, durch ihr Leuchten auch nur das Mindeste von ihrer Substanz zu verlieren, so wenig als eine Glocke durch den Ton von der ihrigen

[1] Vergleiche die Anmerkung zum dreizehnten Brief.

verliert. Was ich von der Sonne gesagt habe, versteht sich auch von allen leuchtenden Körpern, wie z. B. der Flamme einer Wachskerze, eines Lichts ꝛc. Ew. Hoheit wird mir vielleicht einwenden, daß diese irdischen Lichter sich nur allzu augenscheinlich verzehren, und ihr Licht bald erlischt, wenn sie nicht ohne Unterlaß genährt und unterhalten werden, woraus es also scheinbar wird, daß die Sonne sich auf eine ähnliche Art verzehren müßte, und der Vergleich mit einer Glocke sehr übel angebracht ist. Aber man muß bedenken, daß diese Feuer neben ihrem Lichte noch Rauch und eine Menge von Dünsten ausstoßen, die man von den leuchtenden Strahlen sehr wohl unterscheiden muß. Es verursachen also der Rauch und die Ausdünstungen allerdings einen sehr beträchtlichen Verlust, den man aber nicht den Lichtstrahlen zuschreiben kann; denn wenn man den Rauch und die übrigen Ausdünstungen beseitigen könnte, würde die bloße Leuchtkraft keinen Abgang verursachen. Man kann das Quecksilber durch ein kleines Kunststück leuchtend machen, wie Ew. Hoheit sich schon gesehen zu haben erinnern werden, und durch dieses Licht verliert das Quecksilber schlechterdings nichts von seiner Substanz, woraus man ersieht, daß das bloße Licht keinen Abgang an leuchtenden Körpern verursacht. Obgleich also die Sonne die ganze Welt mit ihren Strahlen erleuchtet, so verliert sie doch nichts von ihrer eignen Substanz, weil ihr ganzes Licht durch eine gewisse Bewegung und eine äußerst lebhafte Erschütterung bis in ihre kleinsten Theile hervorgebracht wird, die sich dem benachbarten Aether mittheilt, und von da nach allen Seiten bis auf die größten Entfernungen fortgepflanzt wird, eben so wie eine angeschlagene Glocke der Luft eine ähnliche Erschütterung mittheilt. Je mehr man diese Aehnlichkeit zwischen den leuchtenden und schallenden Körpern betrachtet, desto mehr findet man sie mit den Erfahrungen übereinstimmend, während andererseits das Emanations-System desto widersprechender ist, je mehr man es auf die Erscheinungen der wirklichen Welt anwenden will.

Den 14. Juni 1760.

Zwanzigster Brief.

Von der Fortpflanzung des Lichtes.

Was die Fortpflanzung des Lichts durch den Aether betrifft, so geschieht sie auf eine ähnliche Weise wie die Fortpflanzung des Schalls durch die Luft: und so wie eine in den Theilen der Luft hervorgebrachte Erschütterung den Schall bewirkt, so bringt eine Erschütterung in den kleinsten Theilen des Aethers das Licht oder die Lichtstrahlen hervor. Es ist demnach das Licht nichts anderes als eine Bewegung oder Erschütterung der Theilchen des Aethers, welcher sich seiner äußersten Feinheit wegen, vermöge welcher er alle Körper durchdringt, überall vorfindet. Inzwischen modificiren diese Körper die Lichtstrahlen auf mancherlei Weise, je nachdem sie die Erschütterung entweder aufhalten oder weiter fortpflanzen, wovon später ausführlicher die Rede seyn wird. Für jetzt beschränke ich mich blos auf die Fortpflanzung des Lichts im Aether, der alle die unermeßlichen Räume zwischen der Sonne und uns und überhaupt zwischen allen Himmelskörpern erfüllt. Das erste, was uns hierbei vorkommt, ist die erstaunliche Geschwindigkeit der Lichtstrahlen, die ungefähr 900,000mal schneller ist als die Geschwindigkeit des Schalls, ungeachtet dieser jede Sekunde eine Strecke von tausend Fuß zurücklegt. Schon diese ungeheure Geschwindigkeit wäre hinreichend, das Emanations-System über den Haufen zu werfen; in unserm System aber ist sie eine nothwendige Folge unsrer Grundsätze, wovon sich Ew. Hoheit mit aller Muße überzeugen werden. Diese Grundsätze sind ganz analog mit denen, auf welchen die Fortpflanzung des Schalls durch die Luft beruht, welche einerseits von der Dichte der Luft, andrerseits von ihrer Elasticität abhängt. Daraus folgt, daß wenn die Dichte der Luft kleiner würde, die Geschwindigkeit des Schalls sich vergrößern, und wenn die Elasticität der Luft größer würde, auch die Bewegung des Schalls beschleunigt werden mußte. Würde also die Dichte der Luft zu eben der Zeit kleiner, in der ihre Elasticität größer wird, so wäre ein doppelter Grund zur Vergrößerung der Geschwindigkeit des Schalls da. Angenommen, die Dichte der Luft würde so sehr verringert und ihre Elasticität so sehr vermehrt, daß sie der Dichte und Elasticität des Aethers gleich wären, so würden wir uns alsdann nicht mehr wundern, daß die Geschwindigkeit des Schalls mehrere tausendmal größer würde,

als sie jetzt ist. Denn Ew. Hoheit werden sich erinnern, daß nach den ersten Begriffen, die wir uns vom Aether gemacht haben, diese Materie ohne Vergleich dünner, und auch ohne Vergleich elastischer seyn muß, als die Luft; diese Eigenschaften helfen aber beide dazu, die Geschwindigkeit in der Fortpflanzung der Bewegungen zu vergrößern. Die erstaunliche Geschwindigkeit des Lichts wird also nicht nur gar nicht befremden, sondern vielmehr vollkommen mit unsern Grundsätzen übereinstimmen, und die Aehnlichkeit zwischen dem Lichte und dem Schalle ist so begründet, daß wir keck behaupten können: wenn die Luft ebenso fein und zugleich ebenso elastisch würde als der Aether, so wäre die Geschwindigkeit des Schalls ebenso groß als die Geschwindigkeit des Lichts. Wenn man somit fragt, warum das Licht sich mit einer so ungeheuren Geschwindigkeit bewege, so antworten wir: der Grund davon liege in der äußersten Feinheit des Aethers bei seiner erstaunlichen Elasticität, und das Licht müsse sich daher, so lange der Aether denselben Grad von Feinheit und Elasticität behält, auch nothgedrungen mit demselben Grade von Geschwindigkeit fortbewegen. Nun kann man nicht zweifeln, daß der Aether durch den ganzen Weltraum denselben Grad von Feinheit und Elasticität habe; denn wäre der Aether an dem einen Orte elastischer als am andern, so würde er sich mehr und mehr ausdehnen und nach diesem Orte hindrängen, bis das Gleichgewicht wieder hergestellt wäre. Die Strahlen der Sterne müssen sich eben so geschwind bewegen, wie die Strahlen der Sonne; weil die Sterne aber viel weiter von uns entfernt sind als die Sonne, brauchen auch ihre Strahlen um so viel mehr Zeit, bis sie zu uns kommen. So ungeheuer uns auch die Entfernung der Sonne erscheinen mag, deren Strahlen in acht Minuten zu uns kommen, so ist doch derjenige Fixstern, der uns am nächsten ist, 400,000mal weiter von uns entfernt als die Sonne. Ein Lichtstrahl demnach, der von diesem Sterne ausgeht, braucht 400,000mal 8 Minuten, ehe er bis zu uns kommt; diese Zeit beträgt 53,333 Stunden, oder 2222 Tage, oder ungefähr sechs Jahre. Wenn Sie also des Nachts einen Fixstern, und selbst den allerglänzendsten, sehen, der wahrscheinlich auch der nächste ist, so sind die Strahlen, die in die Augen Ewr. Hoheit fallen, um den Stern darinnen abzubilden, schon vor sechs Jahren von dem Sterne ausgegangen; so lange haben sie gebraucht, bis zu uns zu kommen. Wenn also Gott jetzt einen

neuen Fixstern in derselben Entfernung erschaffen wollte, so würden wir ihn nicht eher als nach sechs Jahren sehen, weil seine Strahlen nicht eher bis zu uns kommen könnten. Und wären im Anfange der Welt die Sterne ohngefähr zu gleicher Zeit mit dem Adam erschaffen worden, so hätte er sie nicht eher als nach sechs Jahren sehen können; selbst die nicht, die die nächsten sind; denn bei den entferntern hätte er noch weit länger warten müssen, um sie zu sehen. Wenn also Gott noch tausendmal entferntere Sterne erschaffen hätte, so würden wir sie noch nicht sehen, so glänzend sie auch seyn mochten, weil noch nicht 6000 Jahr seit der Schöpfung verflossen sind. Jerusalem[1] hat diesen Gedanken in einer seiner Predigten vortrefflich genützt. Hier ist die Stelle: „Erhebet Euch mit Euren Gedanken von dieser Erde „durch alle die Weltkörper, die über Euch sind, und gehet von „den entferntesten, die Eure Augen entdecken können, bis zu denjenigen hinauf, deren Licht vielleicht von dem Anfange ihrer „Schöpfung an noch bis jetzt nicht zu uns herunter gekommen „ist! Die Unermeßlichkeit des göttlichen Reichs leidet diese Vor„stellung“[2].

Ich bin überzeugt, Ew. Hoheit werden durch diese Stelle weit mehr erbaut werden, als die ganze Gemeinde des Herrn Jerusalem, die diesen erhabnen Vergleich wahrscheinlich nicht verstanden haben wird. Und diese Betrachtung wird gewiß bei Ew. Hoheit die Begierde erwecken, sich auch noch über das Uebrige zu belehren, was von der richtigen Theorie des Lichts, woraus zugleich die Theorie der Farben und des Sehens überhaupt sich ableitet, ferner zu sagen ist.

Den 17. Juni 1760.

Einundzwanzigster Brief.

Abschweifung über die Größe der Welt; weitere Erörterung über das Wesen der Sonne und ihrer Strahlen.

Das, was ich von der Zeit, welche die Strahlen der Sterne brauchen, um bis zu uns zu kommen, Ew. Hoheit gesagt habe,

[1] Ein berühmter Prediger am braunschweigischen Hofe, geb. zu Osnabrück 1709, Mitstifter des berühmten Collegii Carolini zu Braunschweig, verdienstvoller Philosoph und hochachtbarer Charakter, gest. zu Wolfenbüttel am 2. Sept. 1789. Seine Predigten und die „Betrachtungen über die vornehmsten Wahrheiten der Religion“ gehörten zu den gelesensten protestantischen Andachtsbüchern zu Euler's Zeit.

[2] In der Predigt über den Himmel und die ewige Glückseligkeit.

ist in der That ganz geeignet, uns von der Größe und dem Umfange der Welt einen Begriff zu geben. Die Geschwindigkeit des Schalls, der tausend Fuß in einer Sekunde durchläuft, verschafft uns beinahe den ersten Maaßstab; und diese Geschwindigkeit ist 200mal größer als die Geschwindigkeit eines ziemlich rüstigen Fußgängers. Nun ist die Geschwindigkeit der Lichtstrahlen 900,000mal größer als die des Schalls; d. h. die Licht-Strahlen durchlaufen jede Sekunde einen Weg von 900 Millionen Fußen, oder 37,500 deutsche Meilen. Welche ungeheure Geschwindigkeit! Und doch ist der nächste der Firsterne noch so weit von uns entfernt, daß seine Strahlen, dieser ungeheuren Geschwindigkeit unerachtet, sechs Jahre brauchen, ehe sie zu uns kommen; und wäre es möglich, einen bedeutenden Schall, wie den eines Kanonenschusses, der auf jenem Sterne hervorgebracht würde, bis zu uns fortzupflanzen, so würden 5,400,000 Jahre vergehen, ehe wir diesen Schall vernehmen würden. Dieß gilt jedoch blos von den glänzendsten Sternen, die uns wahrscheinlich auch die nächsten sind, und es ist anzunehmen, daß die kleineren Sterne noch zehn- und mehrmal weiter von uns entfernt sind. Es wird also wohl ein ganzes Jahrhundert erfordern, bis die Strahlen dieser Sterne bis zu uns gelangen; welch' eine ungeheure Entfernung, zu deren Zurücklegung eine Geschwindigkeit, welche jede Sekunde 37,500 deutsche Meilen durchläuft, volle hundert Jahre braucht! Wenn also jetzt ein solcher Stern zerstört oder blos verfinstert würde, so würden wir ihn trotzdem noch hundert Jahre lang sehen, weil die letzten Strahlen, die von dem Sterne ausgegangen wären, erst nach Verlauf dieser Zeit bis zu uns gelangen würden. Man macht sich gewöhnlich zu kleine und zu beschränkte Begriffe von der Welt, und diejenigen, welche sich für die stärksten Geister halten, sehen in diesem Weltall nur ein Werk von geringer Bedeutung, das ein bloßer Zufall hätte hervorbringen können, und das kaum ihre Aufmerksamkeit verdiente. Ew. Hoheit werden aber zugeben, daß eben diese starken Geister sehr beschränkte Köpfe sind, und Sie werden von der tiefsten Ehrfurcht gegen den großen Herrn durchdrungen seyn, dessen Macht sich über einen so unermeßlichen Raum erstreckt, dessen ganzer Inhalt seiner unumschränkten Gewalt unterworfen ist. Aber wie groß muß erst unsre Bewunderung seyn, wenn wir bedenken, daß alle diese unermeßlichen Körper im Weltraume nach den weisesten Absichten angeordnet sind, so daß, je

weiter wir in der Erkenntniß des Weltbaues kommen (die freilich noch immer sehr beschränkt ist), wir desto mehr Gründe entdecken, die Ordnung und Vollkommenheit desselben zu bewundern? Und was ist unsere Erdkugel gegenüber von all' diesen Werken, welche wir nur bewundernd anstaunen können? Ein bloßes Nichts. Gleichwohl werden wir täglich die augenscheinlichsten Proben einer besondern Vorsehung des großen Herrn der Welt gegen uns gewahr. Die Worte fehlen mir, um alle diese Dinge in ihrer ganzen Größe zu schildern, und Ew. Hoheit mögen durch eigenes Nachdenken über diese wichtigen Gegensätze das Fehlende ersetzen! — Ich kehre nun zu diesen großen Leuchtkörpern und insbesondere zur Sonne zurück, als der vornehmsten Quelle des Lichts und der Wärme, deren wir uns hienieden erfreuen. Es frägt sich zunächst, worin das Licht bestehe, das die Sonne beständig und ohne den geringsten Eintrag zu erleiden über die ganze Welt verbreitet? Die Antwort kann nun, nach der Theorie vom Lichte, die ich eben aufgestellt habe, nicht mehr schwer seyn, während sie in dem sogenannten Emanations-System durchaus ungenügend bleiben würde. Da der ganze Weltraum mit dieser äußerst feinen und elastischen Materie angefüllt ist, die man den Aether nennt, muß man sich in allen Theilen der Sonne eine beständige Bewegung denken, durch welche jedes Theilchen sich im Zustande beständiger Erschütterung und Schwingung befindet, der sich dem angrenzenden Aether mittheilt, darin eine gleiche Bewegung hervorruft und diese immer weiter und nach allen Richtungen hin mit der Geschwindigkeit fortpflanzt, von welcher ich oben weitläufiger gesprochen habe. Um bei der Parallele zwischen Licht und Schall zu bleiben, würden wir die Sonne mit einer fortwährend geläuteten Glocke vergleichen; es müßten nämlich die Sonnentheilchen beständig in derjenigen Bewegung erhalten werden, welche im Aether die sogenannten Lichtstrahlen hervorbringt. Nun ist uns noch die eine Schwierigkeit zu erklären übrig, durch was für eine Kraft diese beständige Bewegung in den Sonnentheilchen unterhalten wird, da wir doch wissen, daß ein angezündetes Licht nicht lange brennt, sondern bald erlöscht, wenn es nicht immer mit brennbaren Materien gespeist wird. Man kann aber zuerst einwenden, daß die Sonne — als eine um viele tausend Male der Erde an Größe überlegene Masse — wenn sie erst einmal recht in Brand gerathen ist, ihre Flamme wohl mehrere hundert

Jahre lang unterhalten könnte, ohne den geringsten Eintrag zu erleiden. Außerdem ist die Sonne nicht in dem Fall unserer Feuer oder Lichter, bei welchen ein guter Theil ihrer Substanz durch den Rauch und die Ausdünstung verloren geht, was einen sehr beträchtlichen Verlust ausmacht; während bei der Sonne, wenn sich auch etwas von ihr in Gestalt des Rauches verflüchtigt, dieß sich nicht weit entfernt und bald wieder in die Sonnenmasse zurückkehrt, also nichts wirklich verloren gehen kann, was eine Abnahme in der Substanz der Sonne veranlassen würde. Der einzige Punkt, worüber wir in dieser Beziehung noch nicht aufgeklärt sind, ist die Kraft, die alle Sonnentheilchen beständig in dieser zitternden Bewegung erhält. Weil jedoch hierin nichts liegt, was der gemeinen Vernunft widerspräche, und wir in so vielen andern Dingen unsere Unwissenheit eingestehen müssen, die uns weit näher sind als die Sonne, so können wir schon damit zufrieden seyn, wenn unsere Ansichten nur keine Widersprüche enthalten. Den 21. Juni 1760.

Zweiundzwanzigster Brief.

Weitere Erörterungen über die selbstleuchtenden Körper und den Unterschied zwischen diesen und den erleuchteten lichtlosen Körpern.

Da die Sonne ein leuchtender Körper ist, dessen Strahlen sich ringsum und nach allen Seiten hin verbreiten, so werden Ew. Hoheit nicht mehr im Zweifel über die Ursache dieser wunderbaren Erscheinung seyn, die in der Erschütterung oder der Schwingung besteht, von der alle Sonnentheilchen bewegt werden. Die Vergleichung mit einer Glocke kann uns diese Sache ganz klar machen. Es ist jedoch sehr natürlich, daß die Schwingungen, die das Licht hervorbringen, weit lebhafter und schneller seyn müssen als die, aus denen der Schall entsteht; weil der Aether unendlich feiner ist als die Luft. Da eine schwache Bewegung die Luft nicht so stark zu erschüttern vermag, daß dadurch ein Ton erzeugt wird: so sind auf gleiche Art die Bewegungen einer Glocke und aller andern tönenden Körper für den Aether zu schwach, die Erschütterung zu bewirken, die das Licht ausmacht. Ew. Hoheit wird sich erinnern, daß, um einen vernehmbaren Schall zu erregen, in einer Sekunde mehr als 30 und weniger als 3000 Schwingungen stattfinden müssen, weil die Luft eines-

theils zu fein ist, als daß 30 Schwingungen eine merkliche Veränderung in ihr hervorbringen sollten; aber auf der andern Seite zu schwer, um 3000 Schwingungen zu erleiden. Ein so hoher Ton würde sich endlich ganz verlieren. Nun ist es mit dem Aether derselbe Fall; und 3000 Schwingungen in einer Sekunde sind für den Aether viel zu schwerfällig; es gehören weit zahlreichere Schwingungen und zwar viele tausende in einer Sekunde dazu, wenn sie im Stande seyn sollen, auf den Aether einzuwirken und eine Erschütterung in ihm hervorzubringen. Eine so schnelle Bewegung könnte nur in den kleinsten Körpertheilen stattfinden, die ihrer Kleinheit wegen unsern Sinnen entgehen. Das Sonnenlicht rührt also von einer äußerst schnellen und lebhaften Bewegung in den kleinsten Sonnentheilchen her, deren jedes binnen einer Sekunde viel tausendmal hin und her schwingen muß. Eine ähnliche Bewegung ist auch die Ursache des Lichts, der Fixsterne, sowie aller brennenden Körper auf Erden, z. B. der Lichter, der Wachskerzen, Fackeln 2c., die uns bei Nacht statt der Sonne zur Beleuchtung dienen. Bei Beobachtung der Flamme eines Wachslichtes werden Ew. Hoheit wohl bemerken, daß eine erstaunliche Bewegung in den kleinsten Theilen herrscht; und ich glaube nicht, daß von dieser Seite mein System irgend auf Widerspruch stößt, während das Newton'sche System eine ganz ungeheure Kraft der Bewegung voraussetzt, um die kleinsten Theile mit einer Geschwindigkeit von 37,500 deutschen Meilen in der Sekunde fortzubewegen. Dieß ist also eine Erklärung der lichten oder vielmehr selbstleuchtenden Körper; denn es gibt auch lichte Körper, welche nicht selbst leuchten, wie der Mond und die Planeten, die unserer Erde ähnliche Körper sind. In der That sehen wir den Mond nur, wenn und in so fern er von der Sonne erleuchtet wird, und das Gleiche ist auch der Fall mit allen irdischen Körpern, mit Ausnahme des Feuers und der Flammen, die von sich selbst leuchten. Die übrigen Körper, die man dunkle nennt, werden uns nur dann sichtbar, wann sie von irgend einem andern Lichte erleuchtet sind. Wenn man in einer sehr dunkeln Nacht oder in einem allseitig so fest verschlossenen Zimmer, daß kein Licht hinein kann, das Auge auch auf die Gegenstände richtet, die in dieser Dunkelheit stehen, so wird man hier doch nichts sehen. Bringt man jedoch eine brennende Kerze hinein, so sieht man nicht nur diese, sondern auch die andern, zuvor unsichtbaren Gegenstände. Es herrscht also ein

wesentlicher Unterschied zwischen den leuchtenden und jenen Körpern, die man dunkel nennt. (Eben dieses Wort dunkel hatte ich schon oben gebraucht, um das Undurchsichtige gewisser Körper auszudrücken; aber die Sache läuft beinahe auf eins hinaus, und man muß sich nach dem Sprachgebrauch richten, wenn er auch schon einige Zweideutigkeit hätte.) Die leuchtenden Körper sind uns durch ihr eigenes Licht sichtbar, und brauchen kein fremdes Licht, um gesehen zu werden; man sieht sie noch eben so gut, wenn man sie auch in die stärkste Dunkelheit bringt. Die Körper aber, die ich hier dunkle nenne, werden uns nur unter dem Einflusse eines fremden Lichtes sichtbar: solange sie im Dunkeln stehen, sieht man nichts von ihnen; sobald sie aber einem leuchtenden Körper ausgesetzt werden, dessen Strahlen sie erreichen können, sehen wir sie, und sie verschwinden wieder, sobald man das fremde Licht entfernt. Die Strahlen eines leuchtenden Körpers brauchen sie nicht unmittelbar zu treffen; ein anderer dunkler Körper, wenn er nur gut beleuchtet ist, bringt eben die Wirkung, nur in schwächerem Maaße, hervor. Davon gibt uns der Mond ein Beispiel. Wir wissen, daß der Mond ein dunkler Körper ist, allein wenn er von der Sonne beleuchtet wird, und wir ihn bei Nacht sehen, so erleuchtet er alle dunkle Körper auf der Erde, und macht diejenigen sichtbar, die ohne ihn unsichtbar geblieben wären. Wenn ich bei Tage in meinem nach Norden gelegenen Zimmer bin, wohin die Sonnenstrahlen nicht dringen können, ist es so helle, daß ich alle Gegenstände darin unterscheiden kann. Woher würde also diese Helle rühren, wenn nicht zuvörderst der ganze Himmel von der Sonne beleuchtet wäre (was wir das Blau des Himmels nennen), und ebenso die Mauern der meinem Zimmer gegenüberstehenden Häuser? Alle andern Gegenstände werden auch entweder unmittelbar durch die Sonne, oder mittelbar durch andere beleuchtete, ursprünglich dunkle Körper erhellt, und das Licht all dieser dunklen, aber so stark erleuchteten Körper, daß ihr Widerschein in mein Zimmer dringt, erhellt dieses, und um so mehr, als die Fenster hoch, breit und zweckmäßig angebracht sind. Die Fensterscheiben schaden dabei fast nichts; denn das Glas ist, wie ich schon oben bemerkt habe, ein durchsichtiger Körper, der dem Lichte den freien Durchgang gewährt. Verschließe ich aber meine Fensterladen so fest, daß kein Licht von außen in mein Zimmer dringen kann, so bin ich hier im Finstern, und sehe nichts mehr, wenn ich nicht eine bren-

nende Kerze hereinbringen lasse. Wir haben also hier zugleich einen sehr wesentlichen Unterschied und eine sehr merkwürdige Aehnlichkeit zwischen den leuchtenden und den dunklen Körpern, welch letztere darin besteht, daß die dunklen Körper, wenn sie einmal erleuchtet sind, eben so gut andere dunkle Körper erleuchten, und in dieser Beziehung fast die gleiche Wirkung hervorbringen können, wie die leuchtenden Körper. Die Erklärung dieses Phänomens hat bisher allen Naturforschern sehr viel zu schaffen gemacht; aber ich schmeichle mir, dieses Ewr. Hoheit auf deutliche und genügende Weise klar gemacht zu haben.

Den 24. Juni 1760.

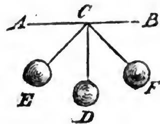
Dreiundzwanzigster Brief.

Von der Art und Weise, wie uns die dunkeln Körper sichtbar werden. Erläuterung der Ansicht Newton's, der den Grund davon im Reflex der Strahlen finden will.

Bevor ich an die Erklärung der Erscheinung gehe, durch welche die dunklen Körper, wenn sie erleuchtet sind, uns sichtbar werden, muß ich erst im Allgemeinen bemerken, daß wir Alles blos vermittelst der Strahlen sehen, welche von den Körpern aus in unser Auge dringen. Wenn wir auf irgend einen Gegenstand hinsehen, so laufen von jedem Punkt des Gegenstandes Strahlen aus, die in unser Auge fallen und uns gleichsam ein Bild dieses Gegenstandes darin abmalen. Dieß ist keine bloße Vermuthung, sondern durch Experimente selbst zu erweisen. Man braucht nur das Auge eines Ochsen oder irgend eines andern frisch geschlachteten Thieres zu nehmen, und die hinterste Wand des Auges bloß zu legen, so sieht man auf dieser alle Gegenstände abgebildet, die vor dem Auge liegen. So oft wir also einen Gegenstand sehen, wird ein Bild davon auf den Hintergrund des Auges gezeichnet; und dieses Bild ist das Werk der Strahlen, die von dem Gegenstande ausgehen und in unser Auge fallen. Ich werde später die Ehre haben, Ew. Hoheit eine umständlichere Erklärung vom Sehen und der Art und Weise, wie sich die Gegenstände auf dem Hintergrund des Auges abzeichnen, zu geben; vorerst aber begnüge ich mich mit dieser allgemeinen Bemerkung. Weil wir also die dunklen Körper nur dann sehen, wenn sie erleuchtet sind, so müssen Strahlen von allen Punkten dieser Körper ausgehen; diese Strahlen aber

sind nur so lange vorhanden, als die Körper erleuchtet sind: sobald sie sich im Finstern befinden, so verschwinden die Strahlen. Daraus geht klar hervor, daß diese Strahlen den dunklen Körpern nicht eigenthümlich sind, sondern ihr Ursprung in der Beleuchtung gesucht werden muß. Nun ist die große Frage: wie die Beleuchtung allein im Stande ist, auf diesen dunkeln Körpern Strahlen zu erzeugen, oder sie beinahe in denselben Zustand zu versetzen, worin die leuchtenden Körper sind, die durch eine zitternde Bewegung ihrer kleinsten Theile Strahlen erzeugen? Der große Newton, und die andern Naturforscher, welche diesen Gegenstand untersucht haben, legen die Ursache in die Zurückwerfung der Strahlen; Ew. Hoheit müssen daher nothwendig vor Allem eine genaue Vorstellung von dem bekommen, was man die Zurückwerfung, den Reflex der Strahlen nennt. Zunächst also: wenn irgend ein Körper an einen andern stößt und von diesem wieder zurückgestoßen wird, nennt man dieß das Zurückprallen, dessen sämmtliche Fälle man an einem Billard sehen kann. Wenn man die Kugel gegen die Bande oder den erhöhten Rand des Billards spielt, prallt sie von demselben zurück oder wird vielmehr zurückgeschleudert; und diese Veränderung nennt man die Reflexion. Hier muß man zwei Fälle unterscheiden. Wenn AB die Bande des Billards ist: so ist der erste Fall der: wenn man die Kugel D perpendikulär gegen die Bande in der Richtung DC spielt, so daß DC auf die Bande AB lothrecht trifft, und also die Winkel ACD, BCD rechte sind, so wird in diesem Fall die Kugel in eben derselben Linie CD wieder zurückgetrieben werden. Der andere Fall ist: wenn die Kugel schief gegen die Bande gespielt wird, wie wenn man die Kugel E in der Linie EC spielte, die mit AC den spitzigen Winkel ACE macht, der der Einfallswinkel heißt; in diesem Falle wird die Kugel von der Bande in der Linie CF zurückgetrieben werden, so daß diese Linie mit der andern Seite der Bande BC einen Winkel BCF macht, der genau so groß ist, als der Einfallswinkel ACE. Man nennt diesen Winkel BCF, unter welchem die Kugel zurückprallt, den Reflexionswinkel, und zieht hieraus die allgemeine Regel: daß bei allen Zurückprallungen der Einfallswinkel dem Reflexionswinkel gleich sey. Dieses Gesetz kommt jedesmal in Anwendung, wann ein Körper

Fig. 7.



in seiner Bewegung Hindernisse findet. Eine Kanonenkugel, die gegen eine so starke Mauer abgeschossen wird, daß sie dieselbe nicht durchbohren kann, wird von ihr zurückgeschleudert nach Maaßgabe derselben Regel, daß der Einfallswinkel dem Zurückprallungswinkel gleich sey. Dieselbe Regel gilt auch in Beziehung auf den Schall, der oft von gewissen Körpern zurückgeworfen wird, und Ew. Hoheit werden wissen, daß man ein solches Zurückprallen des Schalls Echo heißt. Auf dieselbe Weise unterliegt es fast keinem Zweifel, daß auch bei den Lichtstrahlen ein solcher Reflex stattfindet. Die Gegenstände, die wir im Spiegel sehen, werden uns durch den Reflex der Strahlen sichtbar, und jede feingeglättete Oberfläche wirft die Lichtstrahlen zurück, die auf sie fallen. Es ist also zuverlässig, daß in sehr vielen Fällen die Strahlen, die auf gewisse Körper fallen, zurückgeworfen werden; dieß hat die Naturforscher zu der Behauptung veranlaßt: wir sähen die dunkeln Körper durch zurückgeworfene Strahlen. Ich sehe jetzt die meinen Fenstern gegenüberstehenden Häuser, die von der Sonne beleuchtet sind; der Ansicht dieser Naturforscher zufolge werden also die Sonnenstrahlen, die auf die Oberfläche dieser Häuser fallen, von ihr zurückgeworfen, dringen in mein Zimmer und machen mir diese Häuser sichtbar. Auf eben die Art sehen wir, diesen Naturforschern zufolge, den Mond und die Planeten, die unstreitig dunkle Körper sind. Die Sonnenstrahlen, welche auf diese Körper fallen, und den Theil erleuchten, der der Sonne zugekehrt ist, werden von ihnen zurückgeworfen, und kommen von da zu uns, gerade als ob diese Körper selbst leuchtend wären. Nach dieser Ansicht sehen wir also den Mond und die Planeten nur vermittelst der Sonnenstrahlen, die von ihnen zurückgeworfen werden; und Ew. Hoheit werden schon oft gehört haben, daß das Mondlicht nur der Reflex des Sonnenlichts sey. Auf gleiche Weise, sagt man, werfen die sonnebeleuchteten dunkeln Körper die von ihnen abprallenden Strahlen auf andere Körper, von wo sie von neuem zurückgeworfen werden, wieder auf andere Körper fallen, hier einen dritten Reflex erfahren und so fort. So wahrscheinlich aber auf den ersten Anblick diese Behauptung auch ist, so enthält sie doch bei einer genauern Untersuchung so viel Ungereimtes, daß sie sich schlechterdings nicht aufrecht erhalten läßt, wie ich unumstößlich genau darthun werde, um Ihnen hernach die wahre Erklärung dieser Erscheinung vorzulegen.

Den 28. Juni 1760.

Vierundzwanzigster Brief.

Untersuchung und Widerlegung dieser Ansicht.

Ich sage also: wenn wir einen dunkeln, sonnebeleuchteten Körper sehen, so läßt sich durchaus nicht die Ansicht aufstellen, die Strahlen werden von demselben zurückgeworfen, und wir sehen eben durch diese zurückgeworfenen Strahlen die Körper. Das Beispiel eines Spiegels, der allerdings die Strahlen zurückwirft, welches man gewöhnlich als Beweis für diese Ansicht anführt, beweist vielmehr gerade das Gegentheil. Allerdings wirft der Spiegel die Strahlen, die auf ihn fallen, zurück; allein wenn diese zurückgeworfenen Strahlen in unser Auge fallen, was bilden sie darin ab? Ew. Hoheit werden mir im Voraus zugeben, daß sie uns nicht den Spiegel zeigen, von welchem diese Strahlen zurückgeworfen werden; sie zeigen uns vielmehr die Gegenstände, von denen sie ursprünglich ausgegangen waren, und der Reflex bewirkt nur, daß wir diese Gegenstände an einem andern Ort sehen. Auch sehen wir diese Gegenstände nicht auf der Oberfläche des Spiegels, sondern vielmehr hinter ihm, und man kann daher wohl sagen, der Spiegel selbst bleibe uns unsichtbar. Wenn wir aber einen dunkeln Körper ansehen, den die Sonne beleuchtet, so sehen wir auf ihm nicht die Sonne, sondern wir sehen thatsächlich die Oberfläche dieses Körpers selbst mit allen seinen Verschiedenheiten. Man erkennt also daraus einen wesentlichen Unterschied zwischen den Strahlen, die von einem Spiegel zurückgeworfen werden, und denen, durch die wir die dunkeln Körper sehen. Allein auch noch ein anderer, ebenso handgreiflicher Unterschied findet bei den Spiegeln statt; wenn wir nämlich die Gegenstände vor dem Spiegel, oder auch nur ihren Standpunkt, oder unsre eigene Stellung gegen sie verändern, so wird auch der Anblick stets ein anderer werden, und die vom Spiegel zurückgeworfenen Strahlen uns fortwährend andere Bilder vorführen, welche der Beschaffenheit und Lage der Gegenstände und unserem eigenen Standpunkte entsprechen; und die Strahlen zeigen uns, wie ich schon oben bemerkt habe, niemals den Spiegel selbst. Ob nun ein dunkler Körper von der Sonne oder andern selbstleuchtenden oder schon erleuchteten dunkeln Körpern beleuchtet wird, und wie immer dieser Körper seinen Ort uns gegenüber oder wir unsern Standpunkt ihm gegenüber ändern mögen, seine äußere Erscheinung bleibt immer die gleiche; wir sehen stets denselben Gegenstand, und bemerken an ihm auch

nicht die geringste Veränderung, die sich auf die gedachte Verschiedenheit der Umstände bezöge. Daraus ziehe ich somit einen neuen Beweis, daß wir die dunkeln Körper nicht durch Strahlen sehen, die von ihren Oberflächen zurückgeworfen werden. Ich sehe hier einen Einwurf voraus, den man von dem Halse der Tauben und gewissen Arten von Zeuchen entlehnen wird, die uns je nach dem Standpunkte, von welchem aus wir sie betrachten, verschiedene Farben 2c. zeigen; allein dieß thut meinem Schluß in Betreff der gewöhnlichen dunkeln Körper nicht den mindesten Eintrag, weil diese einer derartigen Veränderung nicht unterworfen sind. Denn dieser Einwurf beweist nichts Anderes, als daß diese besondern Gegenstände gewisse eigenthümliche Beschaffenheiten haben; so z. B. daß ihre kleinsten Theilchen sehr feingeglättet sind, und außer der gewöhnlichen und allgemeinen Weise, in welcher alle Körper uns sichtbar werden, noch eine eigentliche Zurückstrahlung stattfindet. Es ist indeß natürlich, daß ein solcher Reflex von der Art und Weise, wie die gewöhnlichen dunkeln Körper beleuchtet sind, sehr wohl unterschieden werden muß. Endlich zeigen uns die von einem Spiegel zurückgeworfenen Strahlen auch immer alle Farben des Körpers, von dem sie ursprünglich ausliefen; der Spiegel, an welchem die Spiegelung stattfindet, ändert nichts daran; ein dunkler Körper aber, der auf irgend eine Weise von einem andern Körper beleuchtet wird, zeigt uns stets dieselben Farben, und man kann sagen, daß jeder Körper seine eigene Farbe habe. Dieser Umstand stößt die Ansicht aller Derer um, die behaupten, daß wir die dunkeln Körper vermittelst der Strahlen sehen, die von ihrer Oberfläche zurückgeworfen werden. Wenn Ew. Hoheit alle diese Gründe, die ich bisher erklärt habe, zusammennehmen, so werden Sie nicht mehr anstehen, den Ausspruch zu thun, daß diese Ansicht sich auf keine Weise in der Philosophie oder vielmehr in der Physik behaupten läßt. Inzwischen darf ich mir jedoch nicht schmeicheln, daß die Naturforscher, die an ihren einmal vorgefaßten Meinungen nur allzusehr hängen, diesen Gründen Gehör geben werden. Die Physiker aber, welche sich mehr an die Mathematiker anschließen, sind eher geneigt, auf so starke Gründe hin ihre Ansichten zu ändern. Ew. Hoheit werden sich noch dessen erinnern, was Cicero über diese Sache sagt: daß sich nichts so Ungereimtes erdenken lasse, was nicht einmal von einem Philosophen behauptet worden wäre. In der That, so seltsam Ew. Hoheit auch

die gewöhnliche Ansicht erscheinen mag, die ich so eben widerlegt habe, so ist sie doch bisher mit großem Eifer behauptet und vertheidigt worden. Doch kann man nicht sagen, daß die Ungereimtheiten und Widersprüche, die ich Ew. H. nachgewiesen habe, den Anhängern dieser Ansicht nicht bekannt gewesen wären. Der große Newton selbst hat ihr Gewicht recht gut eingesehen; weil er sich aber von der Fortpflanzung der Strahlen den seltsamsten Begriff gemacht hatte, darf es nicht befremden, daß er diese großen Ungereimtheiten übersehen konnte; überhaupt schützen Geist und großes Talent niemals vor der Ungereimtheit einmal vorgefaßter Meinungen. Aber wenn nun die Ansicht, daß die dunkeln Körper durch die zurückgeworfenen Strahlen sichtbar werden, falsch ist, sagen die Anhänger derselben, was ist alsdann die richtige Erklärung? Es erscheint ihnen sogar unmöglich, eine andere Erklärung dieses Phänomens zu denken; und überdieß ist es immer für einen Philosophen viel zu schwer und zu demüthigend, über irgend einen Gegenstand seine Unwissenheit zu gestehen; lieber wagt man die größten Ungereimtheiten zu behaupten, besonders wenn man das Geheimniß besitzt, sie in dunkle Ausdrücke einzuhüllen, die Niemand versteht; der gemeine Mann schätzt alsdann den Gelehrten desto höher, weil er glaubt, diesem seyen diese Dunkelheiten ganz verständlich und geläufig. Mir wenigstens ist es immer sehr verdächtig, wenn die Gelehrten sich so hoher Kenntnisse rühmen, daß sie dieselben nicht verständlich machen können. Ich hoffe, die fragliche Erscheinung so bündig zu erklären, daß Ew. H. nicht die geringste Schwierigkeit finden sollen, sie vollkommen zu begreifen. Den 1. Juli 1760.

Fünfundzwanzigster Brief.

Andre Erklärung, auf welche Weise uns die beleuchteten Körper sichtbar werden.

Alle Erscheinungen an dunkeln Körpern, die ich in meinem vorigen Briefe aus einander gesetzt habe, beweisen unwidersprechlich, daß, wenn wir einen dunkeln Körper beleuchtet sehen, dieß nicht durch die von seiner Oberfläche zurückgeworfenen Strahlen geschieht, sondern daß die kleinsten Theile auf seiner Oberfläche sich wirklich in einer Bewegung befinden, die der ähnlich ist, welche die kleinsten Theile der leuchtenden Körper erschüt-

tert; nur mit diesem Unterschiede, daß die Bewegung bei dunkeln Körpern bei weitem nicht so stark ist, als bei selbstleuchtenden Körpern; weil nämlich ein dunkler Körper, wie hell er immer erleuchtet seyn mag, niemals einen so starken Eindruck auf's Auge macht, als die leuchtenden Körper. Da wir nur die dunkeln Körper selbst, keineswegs aber die Bilder der leuchtenden Körper sehen, welche sie erleuchten, wie es doch geschehen müßte, wenn wir die gespiegelten Strahlen sähen, so müssen also die Strahlen, durch die wir sie (die Gegenstände) sehen, ihnen eigen seyn, und ihnen eben so untheilbar angehören, wie die Strahlen der leuchtenden Körper diesen. So lange also ein dunkler Körper erleuchtet ist, so lange befinden sich die kleinsten Theile seiner Oberfläche in einer solchen Bewegung, welche geeignet ist, im Aether solche Vibrationen zu erzeugen, wie sie seyn müssen um Lichtstrahlen zu erzeugen, und in unserem Auge ein Bild des Originals zu entwerfen. Zu diesem Ende müssen von jedem Punkte der Oberfläche aus Strahlen nach allen Richtungen hingehen; was auch die Erfahrung augenscheinlich bestätigt, denn von welcher Seite wir auch einen dunkeln Körper ansehen mögen, erscheint er uns doch von jedem Orte aus gleich, woraus folgt, daß jeder Punkt Strahlen nach allen Seiten ausschickt. Dieser Umstand unterscheidet diese Strahlen wesentlich von den gespiegelten, deren Richtung immer durch die der einfallenden Strahlen bestimmt wird; so daß, wenn die Strahlen nur aus einer einzigen Richtung, z. B. von der Sonne kommen, die zurückgeworfenen Strahlen auch nur Eine Richtung haben können. Wir sehen also, daß, wenn ein dunkler Körper erleuchtet wird, alle kleinsten Theile, die sich auf seiner Oberfläche befinden, in eine gewisse Erschütterung versetzt werden, wie ich dieß bei den leuchtenden Körpern nachgewiesen habe. Diese Erschütterung ist um so stärker, je heller das Licht ist, welches sie erleuchtet; wenn also derselbe Körper dem Sonnenlichte ausgesetzt ist, wird er in eine weit lebhaftere Bewegung gebracht, als wenn er von der bloßen Tageshelle in einem Zimmer oder Nachts vom Monde oder einem Wachslichte beschienen wird. Im erstern Fall wird sein Bild weit lebhafter auf dem Hintergrund unseres Auges abgemalt, als in den andern Fällen, und besonders weit deutlicher als bei'm Mondlicht, dessen Helle kaum sehr grobe Schrift zu lesen gestattet; wenn man daher einen dunkeln Körper in ein finstres Zimmer bringt, sieht man nichts mehr von ihm, was ein sicheres

Zeichen ist, daß die Bewegung in seinen Theilchen ganz aufgehöret hat und sie sich wieder in Ruhe befinden. Die Natur der dunkeln Körper besteht also darin, daß ihre Theilchen von sich selbst in Ruhe, oder wenigstens jener Art von Bewegung beraubt sind, welche zur Hervorbringung von Lichtstrahlen erforderlich ist; aber diese Theile haben zugleich die Eigenschaft, daß wenn sie beleuchtet werden, oder Lichtstrahlen auf sie fallen, sie dadurch in Erschütterung und somit in die zur Erzeugung von Strahlen geeignete Schwingung gerathen; je heller aber das Licht ist, welches solche Körper beleuchtet, desto stärker wird auch diese Schwingungsbewegung seyn. So lange also ein dunkler Körper beleuchtet wird, befindet er sich in demselben Zustande, wie ein Leuchtkörper, weil seine kleinsten Theilchen auf ähnliche Art in Bewegung gesetzt und somit fähig werden, im Aether Strahlen zu bilden. Nur findet hier der Unterschied statt, daß bei den Leucht-Körpern diese Bewegung von selbst da ist, oder durch eine innere Kraft unterhalten wird, während bei den dunkeln Körpern diese Bewegung nur etwas Zufälliges ist, indem sie nur durch das Licht erzeugt wird, welches die Körper beleuchtet, und indem sie nur durch eine fremde Kraft die nicht im Körper selbst, sondern in der Erleuchtung liegt, unterhalten wird. Diese Erklärung genügt für alle Erscheinungen und ist keiner von den Schwierigkeiten unterworfen, um deren willen wir die andere, auf die Spiegelung gegründete Erklärung verlassen haben. So weit wird Jedermann mit uns einverstanden seyn, der die Sache gehörig überlegt. Allein nun bleibt noch eine sehr große Schwierigkeit zu erklären übrig: die nämlich, wie die bloße Beleuchtung eines dunkeln Körpers im Stande ist, seine kleinsten Theile in eine so heftige Bewegung zu setzen, daß er Strahlen hervorbringe, und wie diese Bewegung sich immer ähnlich bleibt, wie verschieden auch die Erleuchtung seyn mag? Könnte man diese Frage nicht beantworten, so wäre, gestehe ich offen, ein großer Fehler in meiner Theorie, obwohl diese dadurch noch nicht umgestoßen würde; denn es läge dadurch noch kein Widerspruch in derselben. Die Unkenntniß des einzigen Umstandes, wie die Erleuchtung eine Erschütterung in den kleinsten Theilen der dunkeln Körper hervorbringt, würde nur eine Lücke in meiner Theorie seyn; und meine Ansicht wird immer bestehen können, so lange man nicht nachweist, es sey unmöglich, daß die Erleuchtung eine solche Wirkung hervorbringe. Aber auch diesem Mangel werde ich abhel-

sen, und es Ew. H. deutlich zeigen, wie die Beleuchtung die kleinsten Theile der Körper in Bewegung setzt.

Den 5. Juli 1760.

Sechsundzwanzigster Brief.

Fortsetzung dieser Erklärung.

Ich habe mich anheischig gemacht, Ew. H. zu erklären, wie die Beleuchtung eines dunkeln Körpers in seinen kleinsten Theilen jene Art von Bewegung hervorbringen kann, welche geeignet ist, um Lichtstrahlen zu erzeugen, die uns eben diesen dunkeln Körper sichtbar machen. Die Parallele zwischen dem Schall und dem Lichte, die sich nur dadurch unterscheiden, daß das Licht in Beziehung zum Aether eben das ist, was der Schall in Beziehung zur Luft; diese Parallele, sage ich, wird mir zu dieser Erklärung verhelfen. Die leuchtenden Körper müssen mit musikalischen Instrumenten verglichen werden, die man spielt, oder die gerade einen Ton von sich geben: ob sie durch ihre eigene oder eine fremde Kraft, die sie berührt, erklingen, ist hiebei völlig gleichgültig; es ist genug, daß sie tönen oder einen Laut von sich geben. Die dunkeln Körper hingegen, so lange sie nicht erleuchtet sind, müssen mit musikalischen Instrumenten, die man nicht spielt, oder mit gespannten Saiten verglichen werden, die in Ruhe sind und also im Augenblick nicht klingen. Unsere Frage demnach, von dem Licht auf den Schall übergetragen, ist folgende: Kann eine gespannte, aber nicht angeschlagene Saite, wenn sie sich mitten im Geräusch musikalischer Instrumente befindet, dadurch eine Erschütterung bekommen und zu klingen anfangen, ohne selbst berührt zu werden? Die Erfahrung nun zeigt augenscheinlich, daß dieß in Wahrheit der Fall ist. Wenn Ew. H. sich die Mühe geben wollen, während eines Concerts oder eines Schalls von allen möglichen musikalischen Instrumenten eine gespannte Saite zu beobachten, so werden Sie finden, daß sie zu zittern anfängt, ohne berührt worden zu seyn, und denselben Ton gibt, als wenn sie angeschlagen worden wäre. Dieser Versuch gelingt noch besser, wenn die Instrumente einerlei Ton mit der Saite angeben. Betrachten Ew. H. nur einmal ein Clavier, worauf nicht gespielt wird, zu der Zeit, wenn auf einer Geige der Ton a recht stark ange-

geben wird. Sie werden sehen, daß die Saite von eben diesem Ton auf dem Clavier merklich zu vibriren anfängt und sogar ihren Ton hören läßt, ohne berührt worden zu seyn; einige andre Saiten werden ebenfalls in Vibrationen versetzt, und zwar diejenigen, welche der Octave, der Quinte, oft auch die, welche der Terz des gespielten Tones angehören, vorausgesetzt, daß das Instrument rein gestimmt ist. Diese Erscheinung ist den Tonkünstlern sehr gut bekannt, und Rameau, der große französische Componist, hat darauf sein ganzes System der Harmonie erbauet. Er behauptet, die Octaven, Quinten, Terzen müßten schon deßwegen für Consonanzen erkannt werden, weil eine Saite durch den bloßen Ton einer andern in Bewegung gesetzt wird, die mit dieser einerlei Ton gibt, oder dem Intervall einer Octave, einer Quinte oder einer Terz angehört. Allein man muß gestehen, daß die Grundsätze der Harmonie schon durch die Einfachheit der Verhältnisse der Töne unter einander so festgestellt sind, daß sie keine neue Unterstützung brauchen; vielmehr ist die erwähnte Erscheinung nur eine natürliche Folge dieser Gründe der Harmonie. Um das noch deutlicher zu machen, dürfen wir nur zwei Saiten, die auf Einen Ton gestimmt sind, ansehen; sobald man die eine anschlägt, wird auch die andere von selbst zu zittern und zu klingen anfangen. Der Grund davon ist ganz klar: wie die eine Saite durch ihr Erzittern der Luft eine ähnliche schwingende Bewegung mittheilt, so bringt andrerseits die Luft, wenn sie einmal in diese Bewegung gebracht ist, die Saite zum Zittern, sobald diese nur vermöge ihrer Spannung für eine solche Bewegung empfänglich ist. Die Luft schlägt in schwingender Bewegung bei jedem Stoße ganz schwach an die Saite, und die Wiederholung mehrerer Schläge bei jeder Schwingung versetzt bald die Saite in eine merkliche Bewegung, da die Schwingungen, für welche sie durch ihre Spannung empfänglich ist, mit denen übereinstimmen, die gerade in der Luft stattfinden. Beträgt die Anzahl der Schwingungen in der Luft die Hälfte oder das Dritttheil, oder ist das Verhältniß derselben ziemlich einfach, so bekommt die Saite zwar nicht bei jeder Schwingung eine neue Erschütterung, wie im vorigen Fall, aber doch bei der zweiten, oder dritten, oder vierten 2c.; was also ihre Schwingung zwar bis auf einen gewissen Grad verstärken, aber doch nicht so hoch steigern wird als zuvor. Wenn aber der Ton in der Luft mit dem von der Saite angegebenen in keinem ein-

fachen Verhältniß steht, so übt die Bewegung der Luft keinerlei Wirkung auf die Saite aus; denn da die Schwingungen der Saite, wenn solche stattfänden, nicht mit den Schwingungen der Luft zusammentreffen, so vernichten die folgenden Eindrücke der Luft größtentheils die Wirkung, welche die ersten hervorgebracht haben können, was die Erfahrung vollkommen bestätigt. Die Erschütterung einer Saite unter dem bloßen Klang eines andern Tones wird also dann am merklichsten seyn, wenn der Schall in der Luft gerade mit dem Ton der Saite übereinstimmt. Andere Töne, die mit dem Ton der Saite eine Consonanz ausmachen, werden eine ähnliche, aber schwächere Wirkung hervorbringen; die Dissonanzen gar keine. Dieser Umstand findet nicht allein bei den Saiten, sondern auch bei allen tönenden Körpern statt. Eine Glocke wird schon bei dem bloßen Geläute einer andern mittönen, die einen mit ihr harmonischen Ton, d. h. entweder denselben, oder die Octave, Quinte, Terze davon gibt. Die Geschichte liefert uns ein ähnliches Beispiel mit Trinkgläsern. Ein Mann zersprengte Gläser durch einen Schrei. Wenn man ihm ein Glas gab, so untersuchte er zuerst den Ton desselben durch's Anpochen, und schriee dann im selben Ton in's Glas hinein, daß dieses zu zittern anfieng, worauf er seine Stimme im selben Tone so lange aus allen Kräften verstärkte, bis die Erschütterung des Glases endlich so stark wurde, daß es in kleine Stücke zerbrach. Es ist also gewiß und durch die Erfahrung bestätigt, daß eine Saite und jeder andere tönende Körper durch den bloßen Klang eines entsprechenden Tons in Bewegung gesetzt wird. Dieselbe Erscheinung muß also auch bei den dunkeln Körpern statthaben, und diese können auch durch bloße Beleuchtung in Bewegung gesetzt werden. Diese Frage wollte ich lösen, und werde sie in meinem nächsten Briefe noch ausführlicher erläutern.

Den 8. Juli 1760.

Siebenundzwanzigster Brief.

Schluß dieser Erklärung, und von der Helle und Farbe der beleuchteten dunklen Körper.

Nach dem oben Gesagten wird es Ew. H. nicht mehr befremden, daß ein Körper durch bloße Beleuchtung eine Bewegung in seinen kleinsten Theilen bekommen kann, die der Bewegung der leuchtenden Körper, wodurch sie zur Hervorbringung

der Strahlen fähig und somit sichtbar werden, ähnlich ist; und so ist das große Hinderniß, welches sich meiner Erklärung von der Sichtbarkeit der dunkeln Körper zu widersetzen schien, gehoben, während die andere, auf die Reflexion der Strahlen begründete Erklärung um so mehr Schwierigkeit findet, je mehr man sie auf die bekannten Erfahrungen anwenden will. Es ist also eine ausgemachte Wahrheit, daß bei allen Körpern, die wir sehen, die kleinsten Theilchen ihrer Oberfläche sich in einer gewissen Erschütterung oder einer Art schwingender Bewegung befinden, welche einer angeschlagenen Saite gleicht, aber unendlich lebhafter und schneller ist: es mag nun diese Bewegung die Wirkung einer innern Kraft, wie bei den selbstleuchtenden Körpern, oder die Wirkung der auf den Körper fallenden Strahlen, d. h. der Erleuchtung seyn, wie es bei den dunkeln Körpern geschieht. Es ist also falsch, daß der Mond, als ein dunkler Körper, die Strahlen der Sonne zurückwerfe, und wir ihn nur durch dieses reflectirte Licht sehen, wie man gemeiniglich glaubt; die Sonnenstrahlen, die auf die Oberfläche des Mondes fallen, erregen vielmehr in seinen kleinsten Theilen eine ähnliche Bewegung, woraus die Strahlen des Mondes entspringen, die in unser Auge fallen und hier sein Bild abzeichnen; dasselbe geschieht mit den Planeten und allen andern dunkeln Körpern. Diese Beweglichkeit der kleinsten Theilchen dunkler Körper dauert nicht viel länger als die Beleuchtung, die sie verursacht hat, und ein dunkler Körper wird unsichtbar, sobald er nicht mehr beleuchtet wird. Aber wäre es denn nicht möglich, daß eine solche Bewegung, wenn sie einmal den kleinsten Theilen eines Körpers mitgetheilt ist, sich eine Zeitlang erhielte; wie wir eine stark angeschlagene Saite auch noch lange nachher erzittern sehen? Ich kann nicht läugnen, daß dieser Fall möglich ist, und ich glaube auch, daß er wirklich bei den Stoffen in's Spiel kommt, die Herr Marggraf Ew. H. übergeben hat, die, wenn sie einmal erleuchtet sind, noch eine Zeit lang ihr Licht behalten, wenn man sie auch in ein dunkles Zimmer trägt. Inzwischen ist dieß ein außerordentlicher Fall, und bei allen andern Körpern verschwindet die Bewegung der Theilchen mit dem Aufhören der Erleuchtung, welche sie hervorgebracht hat. Diese Erklärung aber, die bisher sich vollkommen behauptet, führt mich auf noch wichtigere Untersuchungen. Zuerst herrscht ohne Zweifel nach der Verschiedenheit der Körper selbst auch eine unendliche Mannig-

faltigkeit unter den kleinsten Theilchen dunkler Körper; es wird einige geben, die einer stärkern Schwingung fähig sind als andere, und einige, die gar keine annehmen können. Dieser Unterschied zeigt sich nur gar zu deutlich in den Körpern. Ein Körper, dessen Theilchen leicht den Eindruck der darauf fallenden Strahlen annehmen, erscheint uns sehr hell; ein anderer dagegen, in welchem die Strahlen beinahe gar keine Bewegung hervorbringen, muß uns dunkel und finster erscheinen. Unter mehreren gleich erleuchteten Körpern werden Ew. H. immer einen großen Unterschied bemerken; die einen werden glänzender und heller seyn als die andern. Allein es muß noch eine andere sehr merkliche Verschiedenheit unter den kleinsten Theilchen dunkler Körper in Betreff der Anzahl der Schwingungen geben, die jeder binnen einer gewissen Zeit macht. Ich habe schon oben bemerkt, diese Zahl müsse immer sehr groß seyn, und die Feinheit des Aethers erfordere viele tausend in einer Sekunde. Aber es kann doch noch eine unendliche Verschiedenheit geben, wenn gewisse Theilchen z. B. 10,000 Schwingungen in einer Sekunde und andere nur 11,000, 12,000, 13,000 machen, je nach dem Grade ihrer Feinheit, ihrer Spannung und ihrer Elasticität; ganz derselbe Fall wie bei den Saiten musikalischer Instrumente, wo die Anzahl der in einer Sekunde gemachten Schwingungen in's Unendliche abwechseln kann; woraus ich eben den Unterschied zwischen den hohen und tiefen Tönen hergeleitet habe. Wie dieser Unterschied in den Tönen wesentlich ist, und das Gehör davon auf eine so eigenthümliche Art afficirt wird, daß eben auf diesem Unterschiede die ganze Harmonie in der Musik beruht: so kann man nicht zweifeln, daß ein ähnlicher Unterschied in der Anzahl der Schwingungen der Lichtstrahlen auch eine besondere Wirkung und einen wesentlichen Unterschied in der Art des Sehens hervorbringen werde. Wenn z. B. ein Theil 10,000 Schwingungen in einer Sekunde macht, und dieselben Strahlen hervorbringt, so werden diese Strahlen, wenn sie in's Auge kommen, auf der Rückwand desselben oder vielmehr auf den daselbst liegenden Nerven 10,000 Schwingungen in der Sekunde erzeugen; und diese Wirkung wie die Wahrnehmung davon müssen ganz verschieden seyn von denen eines andern Theilchens, das mehr oder weniger Schwingungen in einer Sekunde macht. Es wird also beim Sehen einen ähnlichen Unterschied geben, wie der, welchen das Gehör zwischen tiefen und hohen Tönen wahrnimmt. Ew. H.

werden begierig seyn, zu wissen, worin dieser Unterschied sich beim Sehen geltend macht, und ob wir in der That die Gegenstände, deren Theile mehr oder weniger Schwingungen in einer Sekunde machen, unterscheiden können. Darauf antworte ich Ew. H., daß es die Verschiedenheit der Farben ist, welche durch diesen Unterschied hervorgebracht wird; so daß im Verhältniß zum Gesichtssinn die Farben eben das sind, was die hohen und tiefen Töne hinsichtlich des Gehörs. Dieß ist also eine wichtige Frage, deren Lösung sich von selbst und ungesucht dargeboten hat. Diese Frage über die Natur der Farben hat den Philosophen von jeher sehr viel zu schaffen gemacht. Einige sind der Ansicht, sie seyen eine uns ganz unbekannte Modification des Lichts. Descartes behauptet, alle Farben seyen nur eine gewisse Mischung von Licht und Schatten; und Newton sucht davon die Ursache in den Sonnenstrahlen, die seiner Ansicht nach wirkliche Ausflüsse sind, und er glaubt, ihre Materie könnte mehr oder minder fein seyn; woraus er denn die Strahlen von allen möglichen Farben, die rothen, gelben, grünen, blauen und violetten, ableitet. Weil aber dieses System in sich selbst zusammenfällt, so läuft alles, was man bisher von den Farben gesagt hat, darauf hinaus, daß wir über sie noch im Unklaren sind. Ew. H. aber sehen jetzt deutlich ein, daß das Wesen jeder Farbe in einer gewissen Anzahl von Schwingungen besteht, welche die Theilchen, die uns diese Farbe darstellen, in einer Sekunde machen.

Den 12. Juli 1760.

Achtundzwanzigster Brief.

Vom Wesen der Farben insbesondere.

Die Unbekanntschaft mit der wahren Natur der Farben hat zu allen Zeiten unter den Philosophen große Streitigkeiten veranlaßt. Fast ein Jeder hat sich bemüht, durch eine eigenthümliche Ansicht in diesem Stücke sich hervor zu thun. Die Annahme, daß die Farben in den Körpern selbst liegen, erschien ihnen zu gemein und eines Philosophen unwürdig, der sich immer über das Gewöhnliche erheben muß. Da der Bauer sich einbildet, der eine Körper sey roth, blau oder grün, so kann der Philosoph sich nicht besser von ihm unterscheiden, als durch die Behauptung des Gegentheils: er sagt daher, die Farben seyen nichts Wirkliches und in den Körpern nichts vorhanden, worauf

sie sich beziehen. Die Newtonianer setzen die Farben blos in die Lichtstrahlen, die sie deßwegen, nach den Farben, in rothe, gelbe, grüne, blaue und violette eintheilen; sie sagen, ein Körper erscheine uns von dieser oder jener Farbe, wenn er die Strahlen dieser Gattung zurückwirft. Andere, denen auch diese Ansicht noch zu gröblich erschien, behaupteten, die Farben bestehen eigentlich blos in der Vorstellung; dieß ist in der That das beste Mittel, seine Unwissenheit zu verbergen, ohne welches der gemeine Mann leicht auf die Gedanken kommen könnte, der Gelehrte wisse über die Natur der Farbe nicht mehr als er selbst. Wenn man aber die Gelehrten jetzt reden hört, glaubt man, sie seyen im Besitz der tiefsten Geheimnisse, obwohl sie im Grunde nicht mehr als der Bauer, und vielleicht noch weniger wissen. Ew. H. werden leicht erkennen, daß dieser anscheinende Scharfsinn im Grunde nur eine Schelmerei ist. Jede einfache Farbe (um sie von den zusammengesetzten zu unterscheiden) ist an eine gewisse Anzahl von Schwingungen gebunden, welche binnen einer gewissen Zeit geschehen; so daß die eine Zahl die rothe Farbe bestimmt, eine andere die gelbe, eine dritte die blaue, noch eine andere die violette, welches die einfachen Farben sind, wie der Regenbogen sie uns vorstellt. Wenn also die Theilchen eines Körpers von der Art sind, daß sie unter dem Einfluß der Bewegung in einer Sekunde so viel Schwingungen machen, als z. B. die rothe Farbe erfordert, so nenne ich mit dem Bauer den Körper roth, und sehe nicht ein, warum ich den gewöhnlichen Sprachgebrauch verlassen sollte. Mit eben so gutem Rechte können ferner auch die Strahlen, welche eben so viel Schwingungen in einer Sekunde enthalten, rothe heißen; und wenn endlich die Nerven im Auge von eben diesen Strahlen gerührt und von ihnen eben so oft in einer Sekunde angestoßen werden, so erregen sie die Empfindung der rothen Farbe. Hier ist alles klar, und ich sehe keine Ursache, dunkle und geheimnißvolle Ausdrücke einzuführen, die im Grunde nichts sagen.

Die Analogie zwischen Schall und Licht ist so vollkommen, daß sie sich auch in den kleinsten Umständen bestätigt. Als ich das Beispiel von einer gespannten Saite anführte, die durch das bloße Erklingen gewisser Töne in Bewegung gesetzt werden kann, so sagte ich: der Ton, den die Saite selbst angibt, sey auch der geeignetste, diese Saite in Bewegung zu setzen, und andere Töne üben keine Wirkung auf sie aus, als wenn sie mit dem Tone

der Saite eine Consonanz bilden. Ganz dasselbe findet auch beim Lichte und den Farben statt, indem die verschiedenen Farben den verschiedenen Tönen der Musik entsprechen. Um diese schöne und wunderbare Erscheinung zu zeigen, die mein System vollkommen bestätigt, mache man ein Zimmer ganz finster, und bohre in den Fensterladen ein kleines Loch, vor welches man in einer gewissen Entfernung einen Körper von einer gewissen Farbe, z. B. ein Stück rothes Tuch stellt, so daß, wenn es stark beleuchtet ist, seine Strahlen in das dunkle Zimmer fallen. Es werden jetzt nur rothe Strahlen in's Zimmer dringen, weil jedem andern Lichte der Zugang verschlossen ist. Wenn man nun noch im Zimmer ein Stück Tuch von derselben Farbe der Oeffnung gegenüberhält, wird man es vollkommen beleuchtet sehen, und seine rothe Farbe äußerst glänzend erscheinen; setzt man aber an dessen Stelle ein Stück grünes Tuch, so wird das Tuch dunkel bleiben, und man wird von seiner Farbe beinahe gar nichts sehen. Bringt man aber vor die Oeffnung außerhalb des Zimmers ein Stück grünes Tuch in starker Beleuchtung an, so wird das grüne Tuch im Zimmer völlig beleuchtet und seine Farbe sehr lebhaft erscheinen. Ebenso ist es mit allen andern Farben, und ich glaube, das ist der stärkste Beweis, den man für mein System aufbringen kann. Wir sehen nämlich daraus, daß, um einen Körper von gewisser Farbe zu beleuchten, die Strahlen, die auf ihn fallen, von derselben Farbe seyn müssen, weil die Strahlen einer andern Farbe nicht fähig sind, die kleinsten Theilchen dieses Körpers in Bewegung zu setzen. Dasselbe zeigt sich auch an einem andern bekannten Versuch. Wenn man Weingeist in einem Zimmer anzündet, so wissen Ew. H., daß die Flamme bläulicht ist, und also auch nur blaue Strahlen hervorbringt. Alle im Zimmer anwesenden Personen erscheinen alsdann bleich und ihre Gesichter wie Todtenmasken, wie geschminkt oder roth sie auch sonst seyn mögen. Der Grund davon ist augenscheinlich: die blauen Strahlen sind nicht im Stande, die rothe Farbe auf dem Gesichte zu erregen oder in Schwingung zu bringen; man sieht auf ihm nichts als eine schwache bläulichte Farbe; dagegen aber wird ein blaues Kleid, das Jemand von der Gesellschaft etwa trägt, sehr glänzend erscheinen. Nun erleuchten die Strahlen der Sonne, die einer Wachskerze oder eines ordentlichen Lichts beinahe alle Körper auf gleiche Weise. Daraus schließt man, daß die Sonnenstrahlen alle Farben zusammen enthalten, ob

gleich ihre Färbung gelblich erscheint. Und in der That entsteht, wenn man in ein verfinstertes Zimmer Strahlen von allen einfachen Farben, rothe, gelbe, grüne, blaue und violette beinahe in gleicher Anzahl fallen, und sie sich in Einem Punkt vereinigen läßt, daraus eine weißlichte Farbe. Daraus zieht man den Schluß, daß die weiße Farbe nichts weniger als eine einfache Farbe, sondern vielmehr aus der Vermischung aller einfachen Farben entstanden sey. Wir sehen auch, daß das Weiße alle Farben gleich gut annehmen kann. Das Schwarze ist eigentlich gar keine Farbe; wenn die Theilchen eines Körpers zu schwer sind, um irgend eine schwingende Bewegung anzunehmen, so ist der Körper schwarz; oder vielmehr ein Körper, der keine Strahlen hervorbringt, ist schwarz. Der Mangel aller Strahlen also bringt diese Farbe hervor; und je mehr solcher Theile sich auf der Oberfläche eines Körpers finden, die keiner schwingenden Bewegung fähig sind, desto dunkler und schwärzlicher erscheint er.

Den 15. Juli 1760.

Neunundzwanzigster Brief.

Von der Durchsichtigkeit der Körper im Verhältniß zur Durchlassung der Strahlen.

Ich habe schon bemerkt, daß es gewisse Körper gibt, welche die Lichtstrahlen durchlassen, und daher durchsichtige heißen, wie das Glas, das Wasser und insbesondere die Luft. Indessen ist eigentlich nur der Aether das gehörige Medium, worin sich die Lichtstrahlen bilden; und die andern Körper besitzen diese Eigenschaft nur, weil sie Aether enthalten und mit demselben so vermischt sind, daß die Bewegungen, welche durch das Licht darinnen hervorgebracht werden, sich mittheilen und fortpflanzen können, ohne von den Körpern aufgehalten zu werden. Allein dieser Durchgang ist niemals so frei wie im reinen Aether selbst, und es geht immer etwas von der Bewegung und zwar um so mehr verloren, je dichter der Körper ist. Die Dichte kann sogar so groß werden, daß das ganze Licht sich darin verliert, und dann ist der Körper nicht mehr durchsichtig. Obwohl also das Glas an und für sich ein durchsichtiger Körper ist, so ist doch ein großes Stück von einigen Fuß Dicke nicht mehr durchsichtig, und man kann nicht hindurchsehen. Ebenso mag das Wasser eines Flusses auch noch so rein seyn, an sehr tiefen Stellen

desselben sieht man doch den Boden nicht, obwohl man ihn an seichten Orten sehen kann. Die Durchsichtigkeit der Körper ist also nur eine Eigenschaft, die im Verhältniß zu ihrer Dicke steht; und wenn man diese Eigenschaft dem Glase, dem Wasser u. s. w. zuschreibt, so muß man es immer mit dem Vorbehalte verstehen: falls die Dicke dieser Körper nicht zu groß ist; für jede Gattung gibt es nämlich einen gewissen Grad von Dicke, über welchen hinaus der Körper nicht mehr durchsichtig ist. Im Gegensatze gibt es aber auch keinen undurchsichtigen Körper, der nicht endlich durchsichtig würde, wenn er zu einer ganz dünnen Platte gemacht wird. So sind z. B. die dünnen Goldplättchen durchsichtig, obgleich das Gold nicht durchsichtig ist, und man findet die kleinsten Theilchen aller Körper durchsichtig, wenn man sie durch ein Mikroskop betrachtet. Man könnte also sagen: alle Körper seyen durchsichtig, wenn man sie nur dünne genug mache; und im Gegentheil sey kein Körper durchsichtig, wenn er zu dick sey. Man nennt aber nach dem Sprachgebrauch nur diejenigen Körper durchsichtig, die diese Eigenschaft bis auf einen gewissen Grad der Dicke behalten, obwohl sie dieselbe bei einer größern Dicke verlieren. Der Aether allein ist, vermöge seiner Natur, vollkommen und durchaus durchsichtig, und die Größe seiner Ausdehnung vermindert seine Durchsichtigkeit nicht im geringsten. Die ungeheure Entfernung der Fixsterne (an die sich Ew. H. erinnern werden) verhindert nicht, daß ihre Strahlen bis zu uns dringen können. Wenn aber unsere Luft, ob sie gleich vollkommen durchsichtig scheint, sich bis zum Monde erstreckte, würde sie alle ihre Durchsichtigkeit einbüßen, und kein einziger Strahl der Sonne oder der übrigen Himmelskörper bis zu uns dringen können; wir würden uns in einer Aegyptischen Finsterniß befinden. Die Ursache davon ist ganz klar, und wir bemerken dasselbe beim Schall, dessen Aehnlichkeit mit dem Lichte sich also in jeder Hinsicht bestätigt. Die Luft ist das natürliche Medium, durch welches sich der Schall fortpflanzt; aber die in der Luft erregten Erschütterungen können auch die Theilchen anderer Körper in Bewegung setzen; und diese, indem sie dieselbe den innern Theilen mittheilen, können den Schall durch den Körper selbst hindurch fortpflanzen, wofern er nicht zu dick ist. Es gibt also Körper, die sich zum Schall ebenso verhalten wie die durchsichtigen zum Licht; und diese Eigenschaft haben eigentlich, hinsichtlich des Schalls, alle Körper, wenn sie nicht zu dick sind. In

der That können Ew. H. in Ihrem Zimmer beinahe alles hören, was im Vorzimmer vorgeht, wenn gleich die Thüren fest verschlossen sind. Die Erschütterung der Luft in dem Vorzimmer theilt sich den Wänden mit, durch welche die Erschütterung endlich bis in's Zimmer selbst dringt, obgleich mit einigem Verlust. Nähme man die Wände weg, so würden Ew. H. ohne Zweifel alles viel deutlicher hören. Je dicker aber die Wände sind, desto mehr verliert der Schall beim Hindurchgehen von seiner Stärke; und es könnten die Wände so dick seyn, daß man nichts mehr von dem hörte, was außerhalb vorgienge, wenn es nicht ein sehr heftiger Schall, wie z. B. ein Kanonenschuß, wäre. Dieß führt mich auf eine andere Bemerkung: daß ein heftiger Schall durch Mauern dringt, die für einen schwächern undurchdringlich sind; und um also zu beurtheilen, ob eine Mauer einen gewissen Schall fortpflanzen wird, muß man nicht blos die Dicke der Mauer, sondern auch die Stärke des Schalls in's Auge fassen. Ist der Schall sehr schwach, so ist auch eine sehr dünne Mauer im Stande, ihn aufzuhalten, obwohl sie einen stärkern fortpflanzen könnte. Ebenso ist es mit den durchsichtigen Körpern, die einem starken Lichte den Durchgang erlauben, und durch die man doch weniger glänzende Gegenstände nicht sehen kann. Wenn man ein Glas mit Rauch schwärzt, so sieht man die nicht sehr hellen Gegenstände nicht mehr hindurch, aber die Sonne sieht man dadurch doch sehr deutlich. Dieses Mittels bedienen sich auch die Astronomen, um die Sonne zu beobachten, die sonst das Auge blenden würde. Und wenn man sich in einem dunkeln Zimmer befindet, wo die Sonne nur durch eine Oeffnung im Fensterladen hereindringen kann, darf man immerhin die Hand vor die Oeffnung halten, die Sonne wird doch durchscheinen. Indeß bemerkt man doch, daß das Sonnenlicht viel von seinem Glanze verliert, wenn es durch einen solchen, im Vergleich mit anderen kaum durchsichtigen Körper geht. Aber ein sehr starkes Licht kann viel von seinem Glanze verlieren, ehe es völlig erlischt, während ein schwächeres bald verloren geht. So ist ein sehr dickes Stück Glas für minder helle Gegenstände undurchsichtig, aber man kann doch die Sonne dadurch sehen. Diese Bemerkungen über die durchsichtigen Körper führen mich auf die Theorie der Strahlenbrechung, von welcher Ew. H. schon oft gehört haben werden, und die ich im Folgenden genügend zu erklären suchen werde.

Den 18. Juli 1760.

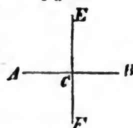
Dreißigster Brief.

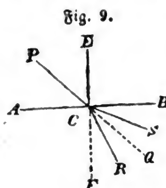
Vom Durchgang der Lichtstrahlen durch durchsichtige Körper, und von ihrer Brechung.

So lange das Licht in demselben Medium, sey es nun der Aether, die Luft oder irgend ein anderer durchsichtiger Körper, fortschreitet, so lange geschieht seine Fortpflanzung nach geraden Linien, die man Strahlen nennt, weil sie von dem leuchtenden Punkte in allen Gegenden hinauslaufen, wie die Radien eines Kreises oder einer Kugel aus dem Mittelpunkte. Im Emanationssystem bewegen sich die kleinen vom Leuchtkörper ausgestoßenen Theilchen in geraden Linien; und dasselbe findet statt in dem wahren System, das ich Ew. H. vorzutragen die Ehre gehabt habe, worin die Bewegungen sich in lauter geraden Linien mittheilen, wie der Schall einer Glocke in gerader Linie sich fortpflanzet, wodurch wir beurtheilen, aus welcher Gegend der Schall kommt. In beiden Systemen also stellt man die Strahlen als gerade Linien vor, so lange sie dasselbe durchsichtige Medium passiren; sobald sie aber aus einem Medium in das andere übergehen, werden sie von ihrem Wege abgelenkt, und diese Abweichung nennt man Brechung der Lichtstrahlen, deren Kenntniß bei unzähligen Erscheinungen von der größten Wichtigkeit ist. Ich will also Ew. H. die Gesetze, nach welchen die Strahlenbrechung geschieht, erklären:

Es ist zunächst ein feststehendes Gesetz: daß, wenn ein Strahl wie EC perpendikular auf die Oberfläche AB eines andern Mediums fällt, er ohne gebrochen zu werden seinen Weg in derselben verlängerten geraden Linie fortsetzt. Wenn also EC ein Lichtstrahl ist, der perpendikular auf die Oberfläche AB des Wassers oder des Glases fällt: so wird er nach eben derselben Richtung fortgehen, und sein Weg wird die Linie CF seyn, die auch auf der Oberfläche AB perpendikular, und also mit CE in einer geraden Linie ist. Das ist auch der einzige Fall, wo es keine Reflexion gibt. In allen andern Fällen, wenn der Strahl nicht perpendikular auf die Oberfläche eines andern durchsichtigen Körpers fällt, setzt er seinen Weg nicht in derselben geraden Linie fort, sondern entfernt sich mehr oder weniger davon, erleidet sonach eine Brechung.

Fig. 8.





PC sey ein Strahl, der schief auf die Oberfläche AB eines andern durchsichtigen Mediums fällt. Indem er in dieses Medium eindringt, wird er seinen Weg nicht in der geraden Linie CQ, welche die Verlängerung von PC ist, verfolgen, sondern sich davon entweder in der Linie CR oder CS entfernen. Er wird also in C eine Beugung bekommen, die man die Refraction nennt. Diese Brechung hängt theils von der Verschiedenheit der beiden Materien, aus welcher der Strahl herkommt und in welche er eindringt, theils von der Schiefe der Richtung PC ab, in welcher der Strahl einfällt. Um die Gesetze dieser Abweichung sich klar zu machen, muß man einige Ausdrücke kennen lernen, deren sich die Schriftsteller bedienen. 1) Die Oberfläche AB, welche die beiden Materien von einander scheidet, nämlich die, woher der Strahl kommt, und die, wohin er geht, heißt die Brechungsfläche; 2) der Strahl PC, der darauf fällt, heißt der einfallende Strahl; 3) der Strahl CR oder CS, der im andern Medium einen von CQ verschiedenen Weg nimmt, heißt der gebrochne Strahl. Wenn man ferner auf die Oberfläche AB die Perpendikularlinie ECF zieht, nennt man 4) den Winkel PCE, den der einfallende Strahl PC mit der Perpendikularlinie EC macht, den Einfallswinkel; und 5) den Winkel RCF oder SCF, den der gebrochene Strahl CR oder CS mit der Perpendikulärlinie CF macht, den Refractionswinkel. Die Brechung also macht es, daß der Einfallswinkel PCE dem Refractionswinkel nicht gleich ist, denn wenn man die Linie PC nach Q verlängert, so sind die Winkel PCE und FCQ Vertikalwinkel und also gleich, wie sich Ew. H. noch sehr gut erinnern werden. Es sind demnach zwei Fälle möglich: der, wo der gebrochne Strahl CR ist und der Brechungswinkel RCF kleiner als der Einfallswinkel PCE ist; der andere, wo der gebrochene Strahl CS, und der Brechungswinkel SCF größer als der Einfallswinkel PCE ist. Im ersten Fall sagt man, der Strahl CR nähere sich dem Perpendikel CF; im andern, der gebrochene Strahl CS entferne sich davon. Man muß also nachsehen, ob der eine und wenn der andere Fall stattfindet; dieß hängt von der Verschiedenheit der beiden Medien ab, je nachdem das eine dichter ist als das andere, oder je nachdem die Strahlen mit mehr oder weniger Schwierigkeit durch jedes von Beiden dringt.

das andere. Zu diesem Zweck muß man bemerken, daß der Aether das feinste Medium ist, durch welches die Strahlen ohne den geringsten Widerstand hindurch können. Die andern bekanntesten durchsichtigen Materien folgen in nachstehender Reihe: Luft, Wasser, Glas; so, daß das Glas ein dichteres Medium ist als das Wasser, das Wasser ein dichteres als die Luft, und die Luft ein dichteres als der Aether. Dieß vorausgesetzt, braucht man nur die beiden Hauptregeln zu merken: 1) wenn die Strahlen aus einem dünnern in ein dichteres Medium übergehen, nähert sich der gebrochene Strahl dem Perpendikel; das ist der Fall, wo der gebrochene Strahl CR ist, wenn der einfallende PC war; 2) wenn die Strahlen aus einer dichtern Materie in eine dünnere übergehen, entfernt sich der gebrochene Strahl vom Perpendikel; dieß ist der Fall, wo bei dem Einfallswinkel PC der gebrochene Strahl CS ist. Diese Abweichung ist um so größer, je größer die Verschiedenheit in der Dichte beider Medien ist. So erleiden die Strahlen, welche aus der Luft ins Glas fallen, eine stärkere Brechung, als wenn sie aus der Luft ins Wasser gehen; obgleich in beiden Fällen sich die gebrochenen Strahlen dem Perpendikel nähern. Auf gleiche Weise werden die Strahlen, wenn sie aus dem Glase in die Luft übergehen, stärker gebrochen, als wenn sie aus dem Wasser in die Luft treten, obgleich sie in beiden Fällen vom Perpendikel abweichen. Endlich muß man auch bemerken, daß der Unterschied zwischen Einfalls- und Brechungswinkel um so größer ist, je mehr der Einfallswinkel beträgt, oder mit andern Worten, daß, je weiter sich der einfallende Strahl vom Perpendikel entfernt, desto größer die Entfernung des Strahls von seinem Wege oder die Refraction seyn muß. Es herrscht darin ein gewisses Verhältniß, das man durch die Geometrie bestimmt; aber wir brauchen uns in diese Einzelheiten nicht einzulassen. Das Obengesagte genügt vollkommen zum Verstande dessen, was ich noch zu sagen habe.

Den 22. Juli 1760.

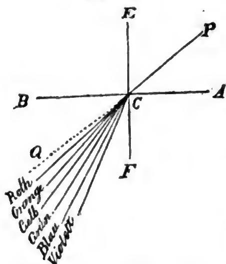
Einunddreißigster Brief.

Von der Brechung verschiedenfarbiger Strahlen.

Ew. H. haben gesehen, daß ein Lichtstrahl, welcher schief aus einem durchsichtigen Medium in's andere dringt, von seinem Wege weicht oder gebrochen wird; und daß die Brechung theils

von der Schiefe des Einfalls, theils von der verschiedenen Dichte der Medien abhängt, wie ich Ew. H. oben ausführlicher nachgewiesen habe. Nun muß ich noch Ewr. H. bemerklich machen: daß auch die Verschiedenheit der Farben eine kleine Veränderung in der Strahlen-Brechung verursacht, was wahrscheinlich daher rührt, daß die Strahlen der verschiedenen Farben eine verschiedene Anzahl Schwingungen binnen einer gewissen Zeit machen, und eben so verschieden unter sich sind, wie die hohen und tiefen Töne. So bemerkt man, daß die rothen Strahlen am wenigsten von ihrem Wege abweichen, oder die kleinste Refraction leiden; auf sie folgen in der Reihe die orangen, die gelben, die grünen, die blauen und die violetten Strahlen, so daß die violetten Strahlen die größte Brechung erleiden, vorausgesetzt, daß die Schiefe des Einfalls und die Medien bei allen gleich sind. Daher sagt man, die Strahlen der verschiedenen Farben unterliegen einer verschiedenen Brechbarkeit (Refrangibilität), die rothen seyen am wenigsten, die violetten am meisten brechbar.

Fig. 10.



Wenn also PC ein Strahl ist, der z. B. aus Luft in Wasser übertritt, so wird, wenn der Einfallwinkel PCE ist, der gebrochene Strahl sich dem Senkel CF nähern; wäre der Strahl roth, so würde der gebrochene C-r o t h; wäre er orange, so würde er C-o r a n g e seyn; und so fort bei den übrigen wie man es in Figur 10. sieht. Alle diese Strahlen entfernen sich von der Linie CQ, die die Verlängerung von PC ist, gegen den Perpendikel zu; aber der rothe Strahl entfernt sich am wenigsten von CQ, oder wird am wenigsten gebrochen; der violette entfernt sich am meisten, und erleidet die größte Abweichung. Ist nun PC ein Sonnenstrahl, so bringt er alle die angezeigten gefärbten Strahlen zugleich hervor: und wenn man ein Blatt Papier dagegen hält, so sieht man darauf wirklich alle diese Farben; daher man sagt, daß jeder Sonnenstrahl alle einfache Farben in sich enthalte. Dasselbe geschieht, wenn PC ein weißer Strahl ist, oder von einem weißen Körper kommt. Man sieht aus ihm durch die Brechung alle Farben entstehen, und daraus schließt man, daß die weiße Farbe ein Gemisch von allen einfachen Farben sey, wie ich Ewr. H. schon bemerkt habe. In der That darf man

nur alle diese gefärbte Strahlen in Einem Punkt vereinigen, um die weiße Farbe wieder entstehen zu sehen. Durch die Brechung also wird uns unwiderlegbar klar, welches die wirklich einfachen Farben sind. Sie folgen in den gebrochenen Strahlen in nachstehender Reihe auf einander: 1) die rothe, 2) die orange-, 3) die gelbe, 4) die grüne, 5) die blaue, 6) die violette Farbe. Aber man glaube ja nicht, daß es nur sechs Farben gebe; denn da das Wesen einer jeden in einer gewissen Zahl von Schwingungen besteht, die binnen einer bestimmten Zeit geschehen, so ist natürlich, daß die dazwischen liegenden Zahlen ebenfalls einfache Farben geben; nur fehlt es uns an Worten, diese Farben zu bezeichnen. So sieht man in der That zwischen Gelb und Grün mittlere Farben, für welche wir aber keinen besondern Namen haben. Auf demselben Gesetze beruhen auch die Farben im Regenbogen. Die Sonnenstrahlen werden, während sie durch die in der Luft herabfallenden Regentropfen hindurch gehen, von ihnen zurückgeworfen und gebrochen; und die Brechung löst sie in ihren einfachen Farben auf. Ew. H. werden wohl schon bemerkt haben, daß diese Farben im Regenbogen in derselben Ordnung auf einander folgen: Roth, Orange, Gelb, Grün, Blau, Violett; nur finden wir darin noch alle Zwischenfarben, die gleichsam die Uebergänge von einer Farbe zur andern bilden, und wir könnten, wenn wir mehr geeignete Bezeichnungen für diese Abstufungen hätten, noch mehr verschiedene Farben von einem Rande des Regenbogens bis zum andern zählen. Vielleicht ist die Sprache anderer Nationen an solchen Worten reicher und zählt wirklich mehr verschiedene Farben auf; vielleicht zählen andere wieder weniger, wenn ihrer Sprache z. B. das Wort für den Begriff Orange fehlt. Einige setzen noch die Purpurfarbe hinzu, welche man in der That am Rande des Rothen bemerkt, und welche Andere mit unter dem Namen Roth begreifen.

C.	D.	E.	F.	G.	A.	B.
Purpur.	Roth.	Orange.	Gelb.	Grün.	Blau.	Violett.

Man kann diese Farben mit den Tönen einer Octave vergleichen, so wie ich sie hier vorgestellt habe, weil die Farben sich ebensowohl als die Töne durch Zahlen ausdrücken lassen. Es scheint sogar, daß wenn man das Violette noch weiter erhöht, man zu einem neuen Purpur kommt, gerade wie man im Stimmen,

wenn man über das B hinaus geht, wieder zum c kommt, welches eine Octave über dem C ist. Und wie man in der Musik diesem Ton seiner Aehnlichkeit wegen denselben Namen gibt, so ist es auch mit den Farben, die, wenn sie durch die Intervalle einer Octave hinaufgestiegen sind, wieder dieselben Namen bekommen; d. h. zwei Farben oder zwei Töne, deren eine gerade doppelt so viel Schwingungen macht, wie die andere, werden als eine Farbe angesehen und haben gleichen Namen. Auf diese Grundsätze wollte der Pater Castel in Frankreich eine Art von Musik der Farben gründen. Er machte ein Clavier, woran jede Taste durch das Angeschlagenwerden ein Stück Tuch von einer gewissen Farbe sehen läßt, und er glaubte, daß dieses Clavier, wenn es gut gespielt würde, den Augen ein sehr angenehmes Schauspiel geben könnte. Er nennt es ein Farbenclavier, und Ew. H. werden schon zuweilen davon haben reden hören. Ich für mein Theil glaube, daß die Malerei eigentlich für die Augen dasselbe ist, was die Musik für die Ohren, und zweifle sehr, ob eine Reihe bunter Tuchlappen, von verschiedenen Farben, ein angenehmes Schauspiel abgeben kann. Den 27. Juli 1760.

Zweiunddreißigster Brief.

Vom Blau des Himmels.

Ew. H. haben gesehen, daß die Ursache der Sichtbarkeit der Gegenstände in einer äußerst schnellen schwingenden Bewegung der kleinsten Theilchen ihrer Oberfläche liegt, und daß die Anzahl dieser Schwingungen die Farbe bestimmt. Dabei ist es völlig einerlei, ob diese kleinsten Theilchen durch eine innere Kraft in Bewegung gesetzt werden, wie in den Leuchtkörpern, oder ob sie ihre Bewegung durch eine Erleuchtung oder von den Strahlen anderer Körper, die auf sie fallen, bekommen, wie es bei den dunkeln Körpern geschieht. Die Anzahl und die Geschwindigkeit der Schwingungen hängt aber von der Größe und Schwere der Theile und von ihrer Elastizität ab, ebenso, wie die Geschwindigkeit in den Schwingungen einer Saite von ihrer Dicke und von ihrer Spannung abhängt. Solange also die Theilchen eines Körpers eben dieselbe Schnellkraft behalten, werden sie auch stets die gleiche Farbe vorstellen, wie die Blätter einer Pflanze ihre Farbe behalten, solange sie frisch sind, allein sobald sie zu welken anfangen, auch durch die Veränderung, welche

mit ihrer Federkraft vorgeht und die Vertrocknung veranlaßt, eine Veränderung der Farbe erleiden. Ich habe übrigens Ew. H. bereits hierüber belehrt, und will nun nur noch die allgemeine Erfahrung erklären, warum der Himmel uns bei Tage blau erscheint? Wenn man blos nach dem sinnlichen Schein urtheilen wollte, so sollte man meinen, es wäre über uns ein großes blaugemaltes Gewölbe, wie uns die Maler den Himmel an einer Decke vorstellen. Ich brauche übrigens Ew. H. gewiß nicht erst dieses Vorurtheil auszureden; ein wenig Nachdenken reicht schon hin, uns zu überzeugen, daß der Himmel kein blaues Gewölbe ist, woran die Sterne wie glänzende Nägel befestigt sind. Ew. H. wissen vielmehr, daß die Sterne unermeßliche Körper und sehr weit von uns entfernt sind, daß sie sich in einem Raume bewegen, der beinahe leer oder doch nur mit der feinen Materie, die man Aether nennt, angefüllt ist. Ich werde nun Ew. H. zeigen, daß der Grund dieser blauen Farbe des Himmels darin liege, daß unsere Atmosphäre nicht vollkommen durchsichtig ist. Wäre es möglich, immer höher über die Oberfläche der Erde sich zu erheben, so würde die Luft anfangs immer dünner und dünner werden; bald darauf würde sie zur Unterhaltung des Athmungs-Processes nicht mehr tauglich seyn, und endlich würde sie sich ganz verlieren und man sich im reinen Aether befinden. So fällt auch das Quecksilber im Barometer immer mehr, wenn man es auf sehr hohe Berge bringt, weil die Atmosphäre leichter wird, und man sieht dort zugleich das glänzende Blau des Himmels immer mehr verschwinden; wenn man nun vollends bis in den reinen Aether hinaufsteigen könnte, würde sich die blaue Farbe endlich ganz verlieren; würde man alsdann in die Höhe sehen, so würde man schlechterdings nichts sehen, und der Himmel ganz schwarz erscheinen, wie bei Nacht. Denn Alles erscheint uns ja schwarz, wovon kein Lichtstrahl zu uns dringt. Man hat also wohl Grund zu fragen, warum uns der Himmel blau erscheint? Zuerst muß man zugeben, daß, wenn die Luft eine so vollkommen durchsichtige Materie wäre wie der Aether, diese Erscheinung nicht stattfinden könnte. Wir würden dann keine andern Strahlen von oben bekommen, als die der Sterne; allein das Tageslicht ist so helle, daß das kleine Licht der Sterne ganz unmerklich wird. Ew. H. werden bei Tage die Flamme eines Wachslichtes, wenn es nur etwas weit entfernt ist, nicht sehen; aber bei Nacht scheint uns eben diese Flamme sehr helle, und

noch dazu in sehr großen Entfernungen. Daraus geht klar hervor, daß man den Grund der blauen Farbe in der Undurchsichtigkeit der Luft suchen muß. Die Luft ist mit einer Menge kleiner Theilchen angefüllt, welche nicht völlig durchsichtig sind, die aber, wenn sie von der Sonne erleuchtet werden, dadurch eine schwingende Bewegung bekommen, welche neue, diesen Theilchen eigene Strahlen hervorbringt; oder vielmehr: diese Theilchen sind an sich dunkel, werden aber, wenn sie beleuchtet sind, uns von selbst sichtbar. Die Farbe dieser Theilchen nun ist blau, und die Erklärung unserer Erscheinung daher diese: die Luft enthält eine Menge kleiner blauer Theile; oder man kann vielmehr sagen, die kleinsten Theilchen von ihr sind bläulich, aber von einem so zarten Blau, daß es nur in einer sehr großen Masse von Luft merklich wird. Daher sehen wir in einem Zimmer von dieser blauen Farbe der Luft nichts; wenn aber alle bläuliche Strahlen des ganzen Dunstkreises zugleich in unser Auge dringen, können sie, trotz der zarten Farbe der einzelnen Theilchen, zusammen doch eine sehr dunkle Farbe hervorbringen. Dieß bestätigt sich noch durch eine andere Erfahrung, die Ew. H. bekannt seyn wird. Wenn man einen Wald aus der Nähe betrachtet, erscheint er grün; entfernt man sich aber von ihm, so wird er immer bläulicher. Die bewaldeten Berge des Harzes, die man von Magdeburg aus sieht, erscheinen ganz blau, während sie von Halberstadt aus grün aussehen; dieß rührt lediglich von dem großen Luftraum zwischen Magdeburg und diesen Bergen her. So zart und dünn auch die bläulichen Theilchen der Luft seyn mögen, so fallen doch bei einer solchen Entfernung die Strahlen einer so ungeheuren Menge derselben zugleich in's Auge, daß sie ein ziemlich tiefes Blau in diesem bilden. Wir sehen eine ähnliche Erscheinung bei einem Nebel, wo die Luft mit einer Menge undurchsichtiger Theilchen beschwert ist, die weißlicht aussehen. Wenn man nur aus geringer Entfernung hinaussieht, so wird man kaum den Nebel gewahr; ist aber die Strecke bedeutend, so wird die weißliche Farbe sehr bemerklich, und zwar so sehr, daß man nichts mehr hindurch sieht. Das Meerwasser erscheint grün, wenn es eine gewisse Tiefe hat; wenn man aber ein Glas damit anfüllt, erscheint es ganz klar. Der Grund davon ist augenscheinlich derselbe: dieses Wasser enthält eine Menge grünlicher Theilchen, die in geringer Anzahl keine merkliche Wirkung hervorbringen, die aber in einem großen

Raume, wie z. B. wenn man in die Tiefe sieht, wo viele solcher grünlicher Strahlen sich vereinigen, eine dunkle Farbe geben.

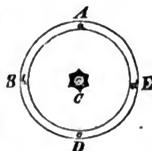
Den 27. Juli 1760.

Dreiunddreißigster Brief.

Von der Schwächung der Strahlen, die von einem entfernten lichten Punkte ausgehen, und vom Sehwinkel.

So lange sich die durch die schnelle Schwingung der kleinsten Theile eines Körpers hervorgebrachten Lichtstrahlen in demselben durchsichtigen Medium fortbewegen, behalten sie auch einerlei Richtung oder breiten sich nach allen Richtungen in geraden Linien aus. Man stellt sich gemeiniglich diese Strahlen wie die Radien eines Kreises oder vielmehr einer Kugel vor, die von einem Mittelpunkte auslaufen und sich gegen den Umfang ausbreiten. Dieser Aehnlichkeit wegen bezeichnet man sie mit dem Worte Strahlen oder Radien, obgleich eigentlich das Licht nicht in Linien, sondern in sehr schnellen Schwingungen besteht, die sich nach geraden Linien fortpflanzen; und nur in so fern kann man das Licht wie gerade Linien ansehen, die von dem leuchtenden Punkte nach allen Richtungen hin auslaufen.

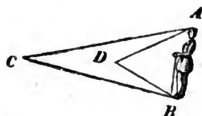
Fig. 11.



Es sey C ein leuchtender Punkt, der sein Licht nach allen Seiten verbreitet. Stellen sich Ew. H. jetzt zwei Kugeln vor, die um das Centrum C beschrieben worden sind, so wird das Licht, das sich durch die Oberfläche der kleinen Kugel abde verbreitet, sich ebenfalls auch über die Oberfläche der großen Kugel ABDE verbreiten. Natürlicherweise muß also das Licht auf der Oberfläche der großen Kugel ABDE schwächer und feiner seyn als auf der kleinen abcd, woraus hervorgeht, daß die Wirkung des Lichts um so kleiner werden muß, je weiter man von dem leuchtenden Punkte entfernt ist. Wenn wir annehmen, daß der Halbmesser der großen Kugel doppelt so groß ist, wie der von der kleinen, so wird die Oberfläche der großen zweimal zwei oder viermal größer seyn. Weil also dieselbe Quantität von Licht über die Oberfläche der kleinen und der großen Kugel verbreitet ist, muß das Licht in einer zweimal größern Entfernung viermal schwächer seyn; in einer dreifachen Entfernung 9mal, in einer vierfachen 16mal u. s. w. Denn 9 ist 3mal 3, und

16 ist 4mal 4. In einer zehnmal größern Entfernung also ist das Licht 10mal 10, das heißt, 100mal schwächer. Wenn wir dieß auf das Sonnenlicht anwenden, so sehen wir, daß, wenn die Erde zweimal weiter von der Sonne entfernt wäre als sie jetzt wirklich ist, das Licht oder die Helle der Sonne viermal schwächer seyn würde; wäre die Sonne gar 100mal weiter entfernt, so würde ihr Licht 10,000mal geringer seyn. Nehmen wir also an, daß ein Firstern ebenso groß und leuchtend wie die Sonne, aber 400,000mal weiter von uns ist, so muß sein Licht 400,000mal 400,000, das heißt, 160,000,000,000mal schwächer seyn als das der Sonne; woraus man ersieht, daß das Licht eines Firsterns im Verhältniß zum Sonnenlicht nichts ist, und aus diesem Grunde können wir die Sterne bei Tage nicht sehen, da ein kleines Licht immer vor einem ungleich helleren verschwindet. Dasselbe ist der Fall mit den Kerzen und allen den Leuchtkörpern, die insgesammt um so geringere Helle geben, je entfernter sie von uns sind. Ew. H. werden schon bemerkt haben, daß die Helle eines Lichtes, so stark sie auch seyn mag, doch nicht mehr hinreicht, um ein Buch dabei zu lesen, sobald man es sehr weit von sich entfernt. Ein anderer Umstand hängt mit dem eben Gesagten genau zusammen; der nämlich: daß derselbe Gegenstand uns kleiner scheint, je entfernter er ist. Ein Riese in einer großen Ferne ist nicht größer als ein Zwerg in der Nähe. Um dieses besser zu beurtheilen, muß man auf gewisse Winkel Acht haben.

Fig. 12.



Wir wollen annehmen, AB sey ein Gegenstand, z. B. ein Mensch, und ein Auge betrachte ihn von dem Punkte C aus. Zieht man von diesem Punkte die geraden Linien AC und BC, die die äußersten Strahlen vorstellen, die von diesem Gegenstande in unser Auge kommen, so heißt der in C gebildete Winkel der Sehwinkel des von C aus gesehenen Gegenstandes. Betrachtete man denselben Gegenstand näher von D aus, so wäre der Sehwinkel D unstreitig größer, woraus also hervorgeht, daß, je entfernter ein Gegenstand ist, sein Sehwinkel desto kleiner, und je näher, desto größer seyn wird. Die Astronomen messen die Sehwinkel, unter welchen uns die Himmelskörper erscheinen, sehr genau, und finden, daß der Sehwinkel der Sonne kaum über einen halben

Grad beträgt. Wäre die Sonne doppelt so weit entfernt, so würde ihr Sehwinkel sich auf die Hälfte reduciren, und es wäre nicht zu verwundern, wenn sie uns viermal weniger Licht gäbe. Wäre ferner die Sonne 400,000mal entfernter, so würden ihre Sehwinkel ebensovielmal kleiner werden, und also nicht größer scheinen als ein Stern. Man muß demnach die wahre Größe eines Gegenstandes sehr wohl von der scheinbaren Größe unterscheiden. Die scheinbare Größe ist der Sehwinkel, der ab- oder zunimmt, je nachdem uns ein Gegenstand näher oder ferner ist. So ist die scheinbare Größe der Sonne ein Winkel von ungefähr einem halben Grade, während ihre wahre Größe die ganze Erde mehrmals übertrifft; denn man schätzt den Durchmesser der Sonne, als einer Kugel, auf 172,000 deutsche Meilen, während der Erddurchmesser nur 1720 Meilen beträgt.

Den 29. Juli 1760.

Vierunddreißigster Brief.

Von dem, was die Urtheilskraft am Gesichtssinne ergänzt.

Das, was ich Ew. H. von den Erscheinungen des Sehens vorzutragen die Ehre hatte, gehört zu einer Wissenschaft, welche man **Optik** nennt, die ein Theil der Mathematik ist, und auch in der Physik eine große Rolle spielt. Außer der Lehre von den Farben, deren Beschaffenheit ich zu erklären gesucht habe, handelt man darin noch die Lehre vom Sehwinkel ab. Ew. H. werden schon bemerkt haben, daß derselbe Gegenstand bald unter einem größern, bald unter einem kleinern Sehwinkel erscheint, je nachdem er uns entfernter oder näher ist. Ich setze noch hinzu, daß ein kleiner Gegenstand unter einerlei Winkel mit einem großen gesehen werden kann, wenn der erste sehr nahe und der andere sehr entfernt ist. Man kann einen Teller so halten, daß er die ganze Sonne bedeckt; wie denn z. B. ein Teller von einem halben Fuße in einer Entfernung von 54 Fuß die Sonne genau bedeckt, und unter eben dem Sehwinkel gesehen wird. Und wie ungeheuer ist gleichwohl der Unterschied zwischen der Größe eines Tellers und der der Sonne! Der Vollmond erscheint ungefähr unter eben dem Sehwinkel, und also beinahe so groß als die Sonne, obgleich die Sonne weit größer ist als der Mond; allein man muß auch erwägen, daß die Sonne 400mal weiter entfernt ist als der Mond.

Der Sehwinkel ist ein um so wichtigerer Punkt in der Optik, da die Bilder, die sich von den Gegenständen auf dem Hintergrund des Auges abmalen, davon abhängen. Je größer oder kleiner der Sehwinkel ist, desto größer oder kleiner ist auch das Bild im Auge. Nun sehen wir die Gegenstände außer uns nur durch die Bilder, die sich von ihnen auf dem Hintergrund des Auges abmalen; diese Bilder geben also den eigentlichen unmittelbaren Gegenstand des Sehens oder der Wahrnehmung ab. Ein Bild demnach, das sich auf der hintern Wand des Auges abgemalt, zeigt uns nur drei Dinge. Erstens lassen uns die Figur und die Farben des Bilder erkennen, daß es außer uns einen ähnlichen Gegenstand von eben derselben Gestalt und Farbe gebe; zweitens zeigt uns die Größe des Bildes den Sehwinkel, unter welchem der Gegenstand erscheint; und drittens läßt uns der Ort des Bildes auf dem Augengrunde wahrnehmen, in welcher Richtung sich der Gegenstand außer uns befindet, ob zur Rechten oder zur Linken, oben oder unten; oder mit andern Worten: wir erkennen daraus die Richtung, aus welcher die Strahlen in unser Auge gekommen sind. In diesen drei Stücken besteht das ganze Sehen, und wir unterscheiden eigentlich nichts als: 1) die Gestalt mit den Farben, 2) den Sehwinkel oder die scheinbare Größe, 3) die Richtung oder den Ort, worin wir den Gegenstand erkennen. Das Gesicht belehrt uns also weder über die wahre Größe noch über die wahre Entfernung der Gegenstände. Ob man sich gleich oft einbildet, man sehe die Größe und die Entfernung eines Gegenstandes, so ist dieß doch nicht sowohl ein Akt der Seh-, als vielmehr ein Akt der Urtheilskraft; die übrigen Sinne und eine lange Erfahrung setzen uns in den Stand, zu beurtheilen, wie weit ein gewisser Gegenstand von uns entfernt ist. Aber dieses Vermögen erstreckt sich nur auf Gegenstände, die uns sehr nahe sind. So bald sie sehr entfernt sind, kommt die Urtheilskraft nicht mehr in Betracht, und wenn wir alsdann ein Urtheil wagen, verfallen wir gewöhnlich in sehr handgreifliche Irrthümer. So kann Niemand sagen, er sehe die Größe oder die Entfernung der Sonne, und wenn der gemeine Mann sich einbildet, daß die Sonne so groß sey wie ein Schweizerkäs, so ist das nicht ein Irrthum des Gesichts, sondern seiner Urtheilskraft. Durch einen ähnlichen Irrthum hält er die Entfernung des Mondes vielleicht für geringer, als die Weite von Berlin nach Charlottenburg. Daher ist es gewiß,

daß die Augen oder das bloße Gesicht die wahre Entfernung und Größe der Gegenstände nicht unterscheiden können. Man führt zu dem Ende ein sehr merkwürdiges Beispiel von einem Blindgebornen an, dem man durch die Operation das Gesicht in reiferem Alter wieder gab; dieser Mensch war anfangs ganz geblendet, und konnte weder Größe noch Entfernung der Gegenstände unterscheiden; alle schienen ihm so nahe, daß er nach ihnen greifen wollte, und er brauchte viele Zeit und Uebung, ehe er zum richtigen Gebrauch seines Gesichts gelangte; er mußte lange erst eine Art Lehrzeit durchmachen, wie wir Alle in unseren Kinderjahren mußten, wenn wir uns auch derselben nicht mehr erinnern. Durch ähnliche Uebung haben wir erfahren, daß derselbe Gegenstand uns klarer und deutlicher erscheint, wenn er uns näher ist, und daraus schließen wir nun auch rückwärts, daß ein Gegenstand, der uns sehr klar und deutlich scheint, uns nahe, und derjenige, welcher undeutlich und trüb erscheint, entfernter ist. Diese Beobachtung wissen die Maler sehr gut zu nutzen, und stellen uns deßhalb auf den Gemälden die Gegenstände, die wir für nahe halten sollen, sehr hell und deutlich, und die, welche wir für entfernt halten sollen, schwach dar, obgleich beide gleichweit von uns entfernt sind. Es gelingt ihnen auch in der That vollkommen, und wir möchten beinahe behaupten, daß von den Gegenständen, welche wir auf einem schönen Gemälde sehen, einige uns viel ferner sehen als die andern. Diese Täuschung wäre nicht möglich, wenn uns das Gesicht die wahre Größe und die wahre Entfernung des Gegenstandes unterscheiden ließe.

Den 1. Aug. 1760.

Fünfunddreißigster Brief.

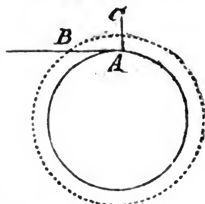
Erklärung einiger, auf die Optik bezüglichen Phänomene

Ew. H. haben gesehen, daß das Gesicht allein uns nicht über die wahre Größe oder Gestalt der Körper belehrt; und daß Alles, was wir zu sehen glauben, sowohl hinsichtlich der Größe als der Entfernung eines Gegenstandes, nur die Wirkung eines Urtheils und nicht des Gesichtssinnes ist. Man muß das, was uns eigentlich die Sinne vorstellen, sorgfältig von Dem unterscheiden, was wir durch unser Urtheil hinzusetzen, denn hierin können wir oft irren. Viele Philosophen, die wider

die Zuverlässigkeit der Sinne gepredigt und die Ungewißheit all unserer Erkenntniß daraus nachzuweisen versucht haben (die sogen. Skeptiker oder Pyrrhonisten), verwechseln die eigentlichen Wahrnehmungen unserer Sinne mit unserm Urtheil. Sie sagen: Wir sehen die Sonne nicht größer als ein Becken, ob sie gleich unendlich größer ist: also täuscht uns der Gesichtssinn; und alle unsere Sinne trügen oder sind wenigstens unzuverlässig; folglich ist unsere ganze Erkenntniß, die wir vermittelst der Sinne bekommen, ungewiß und wahrscheinlich falsch, und wir wissen nichts Gewisses. So raisonniren diese großen skeptischen Weltweisen, die sich so sehr ihres Verstandes rühmen, obgleich in der That nichts leichter ist als zu sagen, daß Alles ungewiß sey, und der unwissendste Mensch in dieser erhabenen Philosophie sehr weit kommen kann. Es ist aber falsch, daß das Gesicht uns die Sonne nicht größer als ein Becken vorstellt; das Gesicht entscheidet hier durchaus nichts, und nur unser Urtheil trügt uns. Wenn jedoch die Gegenstände nicht sehr weit von uns entfernt sind, täuschen wir uns hierin gar nicht, und sowohl die übrigen Sinne als der Grad der Klarheit, mit dem wir einen Gegenstand sehen, machen unser Urtheil über seine Größe und seine Entfernung ziemlich zuverlässig. Sobald wir aber durch unsere Urtheilskraft die Entfernung eines Gegenstandes feststellen, fällen wir auch ein Urtheil über seine wahre Größe, weil wir wissen, daß seine scheinbare Größe um so bedeutender ist, je näher uns der Gegenstand ist. Für je entfernter wir daher einen Gegenstand halten, desto größer schätzen wir ihn; und je näher wir ihn glauben, desto kleiner däucht er uns. Wenn uns nahe vor'm Auge eine Fliege vorbei fliegt, und wir sie in einer Art Zerstreuung für sehr weit halten, können wir sie leicht für einen Adler ansehen; aber sobald wir, so zu sagen, wieder zu uns selbst kommen, und uns besinnen, daß der Gegenstand nahe bei uns war, so erkennen wir die Fliege. Der Grund davon ist der: der Sehwinkel einer nahen Fliege kann eben so groß als der eines entfernten Adlers und das Bild von beiden auf dem Augengrunde dasselbe seyn. Noch eine andere allgemein bekannte Erscheinung hat zu vielen Streitigkeiten unter den Gelehrten Anlaß gegeben, deren Erklärung uns jetzt ganz leicht ist. Jedermann sieht den Mond beim Aufgehen größer, als wenn er hoch am Himmel steht, obgleich der Sehwinkel und die schein-

bare Größe unverändert bleibt. Auch die Sonne erscheint uns beim Auf- oder Untergang größer als am Mittage. Woher rührt nun wohl diese so allgemeine falsche Vorstellung? Ohne Zweifel daher, daß man die Sonne und den Mond am Horizonte für entfernter hält als wenn sie hoch am Himmel stehen. Aber warum hält man sie für entfernter? Man antwortet gemeiniglich: weil, wenn die Sonne und der Mond am Horizonte sind, wir zwischen uns und ihnen mehr Gegenstände sehen, welche uns die Entfernung zu vermehren scheinen; während wir, wenn die Sonne und der Mond hoch am Himmel stehen, zwischen ihnen und uns nichts sehen, und sie deswegen für näher halten. Ich weiß nicht, ob diese Auflösung Ew. H. befriedigen wird. Man kann einwenden, ein leeres Zimmer erscheine größer als ein mit Möbeln überladenes von gleichem Umfang: also bringen mehrere Gegenstände, welche wir zwischen uns und einem fremden Gegenstande erblicken, nicht immer die Wirkung hervor, daß wir diesen Gegenstand für entfernter halten. Ich hoffe, Ew. H. werden folgende Erklärung geeigneter finden:

Fig. 13.



Der Kreis A soll die Erdkugel und der punktirte Kreis den Dunstkreis oder die Luft vergegenwärtigen, womit die Erde umgeben ist; A soll unser Standpunkt seyn. In diesem Falle dringen, wenn der Mond am Horizonte ist, seine Strahlen in der Richtung BA zu uns; wenn er über uns steht, kommen sie in der Richtung CA. Im ersten Fall gehen die Strahlen in unserer Atmosphäre durch den großen Raum BA, und im andern durch den kleinen CA. Nun werden Ew. H. sich erinnern, daß die Lichtstrahlen, die durch eine durchsichtige Materie hindurchgehen, um desto mehr von ihrer Stärke zu verlieren, je länger der Weg ist. Da also die Atmosphäre oder die Luft eine solche durchsichtige Materie ist, so verliert der Strahl BA in seinem Durchgange weit mehr von seiner Kraft als der Strahl CA. Daher kommt es, daß überhaupt alle Himmels-Körper am Horizonte weit weniger hell und glänzend erscheinen, als wenn sie über uns stehen. Wir können sogar gerade in die Sonne sehen, wenn sie am Horizonte steht; sobald sie aber eine gewisse Höhe erreicht, können unsere Augen ihren Glanz nicht mehr ertragen. Daraus schließe ich, daß auch

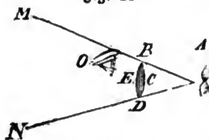
der Mond am Horizonte weit weniger hell erscheint, als wenn er hoch am Himmel steht. Nun ist die Folge augenscheinlich die: weil wir den Mond am Horizonte für entfernter halten, müssen wir denselben auch für größer ansehen; alle Sterne erscheinen uns überhaupt am Horizonte größer, weil wir sie für entfernter halten. Den 3. August 1760.

Sechsunddreißigster Brief.

Vom Schatten.

Ich habe Ew. H. beinahe Alles erklärt, was die Wissenschaft, welche Optik heißt, gewöhnlich behandelt. Es ist nur noch ein einziger Punkt, vom Schatten, übrig. Was der Schatten sey, das wissen Ew. H. so gut, als daß ich mich hiebei lange aufzuhalten brauchte. Der Schatten setzt immer zwei Sachen voraus, einen leuchtenden Körper und einen dunkeln, der die Lichtstrahlen nicht durchläßt. Der dunkle Körper verhindert also, daß die Strahlen des leuchtenden Körpers zu gewissen Orten, welche hinter ihm liegen, hindurchdringen können. Dieser Raum also, wo die Strahlen nicht hinkommen, ist das, was man den Schatten des dunkeln Körpers nennt. Mit andern Worten: der Schatten begreift den ganzen Raum in sich, wo man den leuchtenden Körper nicht sehen kann, weil ein dunkler Körper seine Strahlen auffängt.

Fig. 14.



A sey ein Licht und BCDE ein durchsichtiger Körper. Zieht man die äußersten Strahlen ABM und ADN, die den dunkeln Körper berühren, so ist klar, daß in dem ganzen Raum MBEDN kein Strahl von dem Lichte A kommen kann; und in was für einem Punkte dieses Raums, z. B. O, sich auch das Auge befindet, so wird es nirgends das Licht sehen. Dieser Raum macht eben den Schatten des dunkeln Körpers aus; und man sieht, daß dieser Raum sich immer mehr und mehr erweitert, und bis in's Unendliche fortgeht. Aber wenn der lichte Körper selbst von großem Umfange ist, so ist die Bestimmung des Schattens etwas verschieden. Es kommen dreierlei Fälle in Betracht: der erste, wenn der lichte Körper kleiner ist als der dunkle; der andere, wenn er ihm gleich; der dritte, wenn er

größer ist. Den ersten Fall, wo das Licht kleiner ist als der dunkle Körper, haben wir eben jetzt untersucht.

Der andere ist in Figur 15. dargestellt, wo AA, der leuchtende Körper, von derselben Größe ist, wie der dunkle Körper BCDE. Zieht man die letzten Strahlen ABM und AEN, die den Körper berühren, so wird der ganze Raum MBEN Schatten, und es überall in diesem Raume unmöglich seyn, den leuchtenden Körper zu sehen. Man sieht ferner, daß die Linien BM und EN gleichlaufend sind, daß der Schatten sich in's Unendliche erstreckt, und überall dieselbe Breite behält.

Fig. 15.

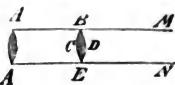
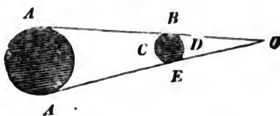


Fig. 16.



In dem dritten Fall, wo der leuchtende Körper AA größer ist als der dunkle BCED, laufen die letzten Strahlen, welche beide Kugeln berühren, in O zusammen, und der Raum des Schattens BOE wird beschränkt, da er sich in der Spitze O endigt. Eine solche Figur heißt ein Kegel; und man sagt, daß der Schatten in diesem Falle kegelförmig ist. Nur in diesem Raum kann kein Licht eindringen, und nur von hier aus kann man den leuchtenden Körper nicht sehen. Zu diesem dritten Fall gehören die Schatten der Himmels-Körper, die insgesammt kleiner sind als der helle Körper oder die Sonne, die sie erleuchtet. Auch hier finden wir volle Ursache, die Weisheit des Schöpfers zu bewundern, denn wäre die Sonne kleiner als die Planeten, so würde der Schatten dieser letzteren keine Grenzen haben, sondern in's Unendliche fortgehen, und ungeheure Räume würden also des Vortheils der Sonnenbeleuchtung beraubt werden. Weil aber die Sonne alle Planeten an Größe weit übertrifft, sind die Räume sehr beschränkt, von welchen durch den Schatten der Planeten das Licht ausgeschlossen ist. Solche kegelförmige Schatten werfen auch Erde und Mond, und es kann sich zuweilen treffen, daß der Mond sich ganz oder zum Theil in den Erdschatten verbirgt. Wenn dieß geschieht, sagt man, der Mond sey ganz oder zum Theil verfinstert; im ersten Fall nennt man es eine totale, im andern eine partielle Finsterniß. Ferner wirft der Mond ebenfalls einen Schatten, wenn auch einen kleinern als die Erde; allein dieser Schatten kann doch zuweilen bis auf

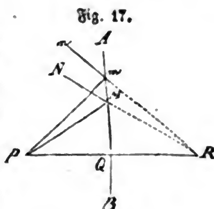
die Erde herabreichen, und dann haben diejenigen, welche dadurch des Sonnenlichts beraubt werden, eine Sonnenfinsterniß. Es entsteht also eine Sonnenfinsterniß, wenn der Mond die Ursache wird, daß wir die Sonne entweder ganz oder theilweise nicht sehen. Bei der Nacht sehen wir zwar auch die Sonne nicht, obgleich keine Sonnenfinsterniß stattfindet; aber wir befinden uns alsdann im Schatten der Erde selbst, der uns die größte Dunkelheit verursacht.

Bisher haben wir blos die Fälle betrachtet, wo die Lichtstrahlen in geraden Linien fortgepflanzt werden, und dieß ist Sache der Optik. Aber ich habe schon bemerkt, daß die Lichtstrahlen bald zurückgeworfen bald gebrochen werden. Ew. H. werden sich erinnern, daß die Strahlen, wenn sie auf eine sehr glatte Oberfläche, wie z. B. auf einen Spiegel, fallen, von demselben zurückgeworfen werden, und daß sie andrerseits, wenn sie aus einem durchsichtigen Medium in ein anderes übergehen, von ihrem Wege abweichen und gleichsam gebrochen werden. Daraus entstehen zwei neue Wissenschaften: die eine, welche die sichtbaren Erscheinungen erklärt, die aus zurückgeworfenen Strahlen entstehen, heißt Katoptrik, die andere, welche die Erscheinungen in Folge von gebrochenen Strahlen behandelt, heißt die Dioptrik; beide sind von der Optik unterschieden, die nur von der Art des Sehens bei geradlinichten Strahlen handelt. Ich werde also die Ehre haben, Ew. H. einen kurzen Ueberblick dieser beiden Wissenschaften, der Katoptrik und der Dioptrik vorzutragen, weil sie sich zum Theil mit Erscheinungen beschäftigen, die alle täglich vorkommen, und deren Grund und Eigenschaften man kennen muß. Alles was das Sehen angeht, ist gewiß der würdigste Gegenstand für unsere Aufmerksamkeit. Den 5. Aug. 1760.

Siebenunddreißigster Brief.

Von der Katoptrik und insbesondre von der Reflexion der Strahlen in ebenen Spiegeln.

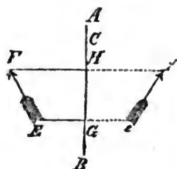
Die Katoptrik beschäftigt sich mit der Art des Sehens, das durch zurückgeworfene Strahlen geschieht. Wenn die Strahlen auf eine sehr glatte Oberfläche fallen, so werden sie von ihr so zurückgeworfen, daß die Winkel auf beiden Seiten gleich sind.



Um das noch verständlicher zu machen, wollen wir annehmen, AB sey die Oberfläche eines ordentlichen Spiegels und P sey ein leuchtender Punkt, von dem die Strahlen PQ, PM, Pm auf den Spiegel fallen. Unter allen diesen Strahlen fällt PQ allein perpendikular auf den Spiegel, und unter allen übrigen hat er allein die Eigenschaft, daß er in derselben Richtung zurückgeworfen wird, nämlich nach QP, gerade wie die Kugel auf einem Billard, welche man perpendikular gegen die Bande gespielt hat, auf demselben Wege zurückgeschleudert wird. Jeder andere Strahl, wie PM, wird nach der Linie MN so zurückgeworfen, daß der Einfallswinkel BMP dem Zurückwerfungswinkel gleich ist. Auf dieselbe Weise wird dem einfallenden Strahl Pm der zurückgeworfene mn entsprechen, und deßhalb wird des Reflexes wegen der Strahl PM in der Linie MN, und Pm in mn fortgehen, so daß Winkel AMN gleich BMP, und Winkel Amn gleich BmP ist, welche Eigenschaft man durch die Regel ausdrückt, daß der Reflexionswinkel stets dem Einfallswinkel gleich sey. Ich habe Ew. H. diese Eigenschaft bereits angegeben; nun aber will ich daraus nachweisen, was für Erscheinungen beim Sehen daraus entspringen müssen. Zuerst ist klar, daß ein Auge, welches in N steht, von dem leuchtenden Punkte P den zurückgeworfenen Strahl MN bekommen wird; der Strahl also, welcher hier die Wahrnehmung hervorruft, kommt in der Richtung MN gerade so, als wenn der Gegenstand P sich irgendwo in der Linie NM befände, woraus folgt, daß das Auge den Gegenstand P in der Richtung NM sehen muß. Um uns dieß noch deutlicher zu machen, müssen wir die Geometrie zu Hülfe nehmen und Ew. H. werden sich mit Vergnügen der Sätze erinnern, auf welche die folgenden Schlüsse gebaut sind. Man verlängere den lothrechten Strahl PQ hinter dem Spiegel bis nach R, so daß QR und PQ gleich sind, und ich werde zeigen, daß alle zurückgeworfenen Strahlen MN und mn, wenn sie hinter dem Spiegel verlängert werden, in diesem Punkte zusammen kommen müssen. Denn was die beiden Dreiecke PQM und RQM anbelangt, so haben sie erstlich die Seite MQ gemein, ferner ist die Seite QR der Seite PQ gleich, und endlich ist PQM ein rechter Winkel, und also sein Nebenwinkel RQM auch ein rechter.

Weil daher in diesen beiden Dreiecken zwei Seiten mit dem eingeschlossenen Winkel gleich sind, so sind sie selbst einander gleich, und also auch der Winkel PMQ dem Winkel RMQ gleich seyn. Der Winkel AMN, als Vertikalwinkel von RMQ, ist diesem gleich, er wird auch dem Winkel PMQ gleich seyn, welcher der Einfallswinkel ist; so ist denn der Winkel AMN der Reflexionswinkel, wie es die Natur der Spiegelung erfordert. Auf gleiche Art sieht man, daß der zurückgeworfene Strahl mn, wenn er verlängert wird, auch durch den Punkt R geht; alle Strahlen des Punkts P also, die von dem Spiegel zurückgeworfen werden, nehmen gerade den Weg, als wenn sie von dem Punkte R kämen, und bringen daher im Auge dieselbe Wirkung hervor, als wenn der Gegenstand P wirklich hinter dem Spiegel in R stünde, da dieser Punkt sich auf dem Perpendikel PQR eben so weit hinter dem Spiegel befindet als P vor demselben ist. Daraus ersehen Ew. H. nun deutlich, warum die Spiegel die hinter demselben befindlichen Gegenstände abbilden, und warum wir darinn alle Sachen auf dieselbe Art sehen, als ob dieselben Gegenstände hinter dem Spiegel, und zwar genau in derselben Entfernung hinter ihm stünden, als sie vor ihm stehen. Es verändert demnach der Spiegel nur den Ort, an welchem wir die Gegenstände sehen, an ihrem Anblick selbst verändert er nichts. Um diesen scheinbaren Gegenstand in dem Spiegel von dem wahren zu unterscheiden, nennt man den ersten das Bild, und man sagt, daß die von den zurückgeworfenen Strahlen erzeugten Bilder sich hinter dem Spiegel befinden. Diese Benennung dient zu besserer Unterscheidung der wahren Objecte von den Bildern, welche wir von ihnen im Spiegel sehen, und die Bilder die wir in den Spiegeln sehen, sind den Gegenständen vollkommen gleich und ähnlich, ausgenommen daß das, was am Gegenstande selbst links ist, im Bilde auf der rechten Seite zu seyn scheint, und umgekehrt. Ein Mensch, der den Degen an der linken Seite trägt, hat ihn also im Spiegel an der rechten.

Fig. 18.



Durch das, was ich gesagt habe, ist es leicht, allemal das Bild eines jeden Gegenstandes hinter dem Spiegel zu bestimmen. Denn wenn AB ein Spiegel und EF ein Gegenstand, z. B. ein Pfeil ist, so ziehe man von den Punkten E und F die Perpendikulärlinien EG und FH auf die Oberfläche des Spiegels, und verlängere sie nach

e und f, so daß EG = eG und FH = fH wird, und das Bild davon wird ef und eben so groß als der Gegenstand EF seyn, weil das Viereck HGef dem Viereck HGEF durchaus gleich ist. Daraus sieht man zugleich, daß das Bild ef nicht dadurch verändert würde, wenn man auch einen Theil des Spiegels wegnähme, so daß AC der Spiegel wäre. Wenn daher der Spiegel nicht so groß ist, daß die Perpendikulärlinien EG und FH auf ihn selbst fallen können, so muß man sich vorstellen, die Fläche des Spiegels werde verlängert, so wie man in der Geometrie Linien verlängert, wenn man senkrechte Linien auf sie ziehen will. Alles aber, was ich gesagt habe, geht nur die gewöhnlichen Spiegel an, deren Oberfläche vollkommen eben ist. Die erhabenen und die Hohlspiegel bringen ganz andere Wirkungen hervor.

Den 7. Aug. 1760.

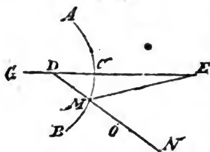
Achtunddreißigster Brief.

Vom Reflex der Strahlen in erhabenen und Hohlspiegeln, und von den Brennspiegeln.

Alles was die Reflexion der Strahlen betrifft, läßt sich, wie Ew. H. gesehen haben, auf zwei Punkte reduciren, von denen der eine der Ort des Bildes ist, welches die zurückgeworfenen Strahlen erzeugen, das andere das Verhältniß des Bildes zu seinem Gegenstande. In den gewöhnlichen oder ebenen Spiegeln ist der Ort des Bildes hinter dem Spiegel in einer Entfernung gleich derjenigen, in welcher sich der Gegenstand vor dem Spiegel befindet, und das Bild ist dem Gegenstand durchaus ähnlich. Auf diese beiden Punkte muß man besonders merken, wenn der Spiegel nicht eben, sondern seine Oberfläche entweder erhaben oder hohl ist, denn alsdann ist das Bild gewöhnlich sehr entstellt. Ew. H. werden schon bemerkt haben, daß, wenn man bei einem wohl polirten Löffel bald in seine innere hohle oder seine äußere erhabene Seite blickt, man darin sein Bild sehr entstellt wieder findet. Eine gut polirte silberne Kugel hingegen stellt die Gegenstände ziemlich deutlich, aber kleiner vor; die innere Fläche einer solchen Kugel, wenn sie gehörig polirt ist, zeigt die Gegenstände größer, falls sie nicht zu weit von ihr entfernt sind, denn die gleichen Gegenstände werden auch kleiner und verkehrt in dem Spiegel erscheinen können, wenn man sie weit vom Spiegel entfernt. Man braucht auch dazu nicht eine

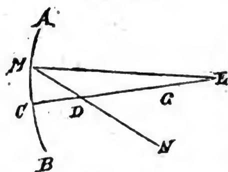
ganze Kugel zu nehmen, denn jedes beliebige Stück der Oberfläche thut denselben Dienst. Solche Spiegel heißt man sphärische, und es gibt deren zwei Arten, hohle und erhabene, je nachdem sie aus der innern oder äußern Oberfläche der Kugel genommen sind. Man macht diese Spiegel aus einer gewissen Mischung einiger Metalle, die sich fein poliren lassen, während die ebenen Spiegel aus einer Glastafel bestehen, die auf der einen Seite mit einem Quecksilber-Präparat überzogen wird, um die Zurückwerfung der Strahlen zu bewirken. Ich beginne mit den erhabenen Spiegeln:

Fig. 19.



ACB sey ein Spiegel aus einer Kugel, deren Mittelpunkt in G ist. Wenn man vor diesen Spiegel in großer Entfernung einen Gegenstand auf E stellt, so wird sein Bild hinter dem Spiegel in D erscheinen, welches die Mitte des Halbmessers der Kugel CG bildet, und dieses Bild wird genau eben so vielmal kleiner seyn als der Gegenstand, als die Linie CD kleiner ist als die Entfernung des Gegenstandes CE. Bringt man den Gegenstand dem Spiegel näher, so wird sich sein Bild auch nähern. Alles das erklärt sich aus der Geometrie, vorausgesetzt daß irgend ein beliebiger einfallender Strahl wie EM nach MN so zurückgeworfen wird, daß der Winkel BMN dem Winkel CME gleich ist. Wenn demnach das Auge in N ist, und den zurückgeworfenen Strahl MN empfängt, so wird es den Gegenstand E in der Richtung NM im Spiegel bei D sehen, oder D wird das Bild des in E gelegenen Gegenstandes, aber bedeutend verkleinert, seyn. Es ist auch leicht begreiflich, daß, je kleiner die Kugel, von welcher der Spiegel genommen ist, desto mehr auch das Bild verkleinert seyn muß.

Fig. 20.



Ich komme jetzt zu den Hohlspiegeln, welche bei vielen Gelegenheiten in Anwendung kommen. ABC sey ein Spiegel aus dem Theil einer Kugel, deren Mittelpunkt in G und deren Halbmesser GC ist. Denken wir uns nun in E einen von dem Spiegel sehr entfernten Gegenstand, so wird sein Bild vor dem Spiegel in D, in der Mitte zwischen G und C erscheinen; denn jeder Lichtstrahl EM, der von dem Gegenstande E auf den Spiegel in

den Punkt M fällt, wird dergestalt zurückgeworfen, daß er durch den Punkt D geht, und das Auge, welches in N steht, wird das Bild des Gegenstandes in D sehen, aber dieses Bild wird genau um so vielmal kleiner seyn als der Gegenstand, als die Entfernung DC kleiner ist als die CE. Bringt man aber den Gegenstand dem Spiegel näher, so wird sich das Bild davon entfernen; wird der Gegenstand in den Mittelpunkt der Kugel G selbst gestellt, so wird sich das Bild auch in G befinden. Rückt man den Gegenstand noch bis D heran, so wird sich das Bild über E hinaus in's Unendliche entfernen. Ist aber der Gegenstand zwischen C und D, und also dem Spiegel noch näher, so wird das Bild hinter den Spiegel fallen, und größer scheinen als das Objekt. Beschaut man sich selbst in einem solchen Spiegel, indem man sich zwischen D und C stellt, so erblickt man sein eigenes Gesicht in ungeheurer Größe. Alles dieß erklärt sich aus der Natur der Reflexion, vermöge welcher der Einfallswinkel EMA stets dem Reflexionswinkel CMN gleich ist. Zu dieser Art von Spiegeln gehören die Brennspiegel, und jeder hohle Spiegel kann zu einem Brennspiegel dienen. Diese außerordentliche Eigenschaft verdient noch eine genauere Erklärung.

Fig. 21.



ACB sey ein hohler Spiegel, dessen Mittelpunkt G ist, und anstatt des Gegenstandes sey in E die Sonne; ihre zurückgeworfenen Strahlen werden also das Bild der Sonne in D vorstellen, welches die Mitte von CG ist. Die Größe dieses Bildes wird durch die äußersten Strahlen SC, SC bestimmt, also sehr gering seyn, und da alle Sonnenstrahlen, die auf den Spiegel ACB fallen, in dieses Bild zurückgeworfen werden, so werden sie sich in demselben vereinigen, und da um so mehr Kraft haben, um je mehr das Bild D kleiner ist als die Oberfläche des Spiegels. Nun haben die Sonnenstrahlen außer der Kraft zu leuchten, auch die Kraft zu wärmen, woraus folgt, daß sich in D ein hoher Grad Wärme finden muß, und ist der Spiegel groß genug, so kann diese Wärme stärker werden als das heftigste Feuer. In der That verbrennt man mittelst eines solchen Spiegels alle Arten von Holz in einem Augenblick, und schmelzt selbst Metalle. Alle diese erstaunlichen Wirkungen bringt lediglich nur das Bild der Sonne hervor, welches man gewöhnlich den Brennpunkt

des Spiegels nennt, der allemal in die Mitte zwischen dem Spiegel und dem Mittelpunkt G fällt.

Man muß übrigens die Brennspiegel wohl von den Brenngläsern unterscheiden, die Ew. H. schon kennen, und von denen ich in meinem nächsten Briefe zu reden Veranlassung nehmen werde. Den 9. Aug. 1760.

Neununddreißigster Brief.

Von der Dioptrik.

Nachdem ich Ew. H. die hauptsächlichsten Erscheinungen der Katoptrik erklärt habe, die aus der Zurückwerfung der Strahlen entstehen, bleibt mir nur noch übrig von der Dioptrik zu reden, wo es sich um die Brechung der Strahlen handelt, die bei dem Durchgange derselben durch verschiedene durchsichtige Materien stattfindet. Ein Lichtstrahl verfolgt seinen Weg in gerader Linie nur so lange als er in demselben Medium bleibt. Sobald er in ein anderes durchsichtiges Medium übergeht, ändert er seine Richtung mehr oder weniger, je nachdem er mehr oder weniger schief auffällt. Es gibt nur einen einzigen Fall, wo er seinen geradlinichten Weg fortsetzt, nämlich wenn er senkrecht in das andere Medium eindringt. Die Instrumente, mit welchen man in der Dioptrik vorzugsweise zu thun hat, sind solche Gläser, wie man sie in den Fernröhren und Vergrößerungsgläsern braucht. Diese Gläser sind kreisrund, haben aber zwei Seiten. Alles hängt von der Gestalt dieser beiden Seiten ab, die entweder eben, oder erhaben, oder hohl ist. Aber sowohl die erhabenen als hohlen Gläser sind Theile einer Kugel, deren Halbmesser man kennen muß, weil er gleichsam das Maaß ist, wodurch man den Grad ihrer Convexität oder Concavität bestimmen kann. Dem zu Folge gibt es also mehrere Arten dioptrischer Gläser.

Fig 22.

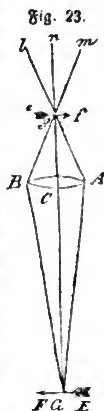
I. II. III. IV. V. VI. VII.



Die erste Art, Nr. I., ist die, wo beide Seiten eben sind. Wenn man aus einem Spiegel einen Kreis herausschneidet, so hat man ein solches Glas, das nichts in den Gegenständen ändert. Die zweite Art, Nr. II., hat eine ebene und eine erhabene Oberfläche, man nennt diese Gläser plan-convexe. Die dritte Gattung,

Nr. III., hat eine ebene und eine hohle Seite, diese Gläser heißen plan-concave. Die vierte Art, Nr. IV., hat zwei erhabene Seiten, und heißt convex-convexe. Die fünfte Art, Nr. V., hat zwei hohle Seiten, und heißt concav-concav. Die sechste und siebente Art, Nr. VI. VII., haben eine erhabene und eine hohle Seite und heißen Menisken. Alle diese Gläser lassen sich in zwei Klassen bringen, deren eine diejenige enthält, die mehr erhaben als hohl sind, wie Nr. II. IV. VI., während die der andern mehr hohl als erhaben sind, wie Nr. III. V. VII. Jene heißt man schlechtweg erhabene, und diese Hohlgläser. Beide Klassen unterscheiden sich durch folgende Eigenschaft.

Fig. 23.



AB sey ein Converglas, das man in großer Entfernung vor den Gegenstand EF stellt, von welchem die Strahlen GA, GC, GB auf das Glas fallen, und beim Hindurchgehen so gebrochen werden, daß die vom Punkte G ausgelaufenen Strahlen sich durch ihre Brechung hinter dem Glase in g vereinigen. Dasselbe wird bei allen übrigen Strahlen stattfinden, die von einem Punkte des Gegenstandes auslaufen. Durch diese Veränderung werden alle gebrochenen Strahlen Al, Bm, Cn, denselben Weg verfolgen, wie wenn der Gegenstand in egf verkehrt stünde und so vielmal kleiner wäre, als die Entfernung Cg kleiner ist als die Entfernung CG. Man sagt also, ein solches Glas stelle den Gegenstand EF als hinter sich in ef befindlich vor, und nennt diese Darstellung das Bild, das natürlich verkehrt und so vielmal kleiner ist als das Objekt selbst, um wie vielmal es dem Spiegel näher ist. Daraus ist klar, daß, wenn die Sonne der Gegenstand ist, das in ef entstehende Bild das Bild der Sonne seyn wird, das trotz seiner Kleinheit doch so glänzend hell seyn muß, daß man es nicht ohne geblendet zu werden ansehen kann. Denn alle Strahlen, die durch das Glas hindurch gehen, vereinigen sich in diesem Bilde, und üben hier ihre leuchtende und wärmende Kraft doppelt aus. Die Wärme ist hier etwa um so vielmal größer, als die Oberfläche des Glases das Bild der Sonne, welches man seinen Brennpunkt nennt, an Größe übertrifft, und daher kann man bei sehr großen Gläsern durch die Heftigkeit dieser Hitze wahre Wunder thun. Brenn-

bare Stoffe, welche man dem Brennpunkt eines solchen Glases aussetzt, werden in einem Augenblicke verbrannt. Die Metalle werden geschmolzen und sogar verglast, und man bringt mit diesen Brenngläsern weit größere Wirkungen hervor als durch das heftigste Feuer. Die Ursache ist dieselbe wie bei den Brennspiegeln. In beiden werden die auf der ganzen Oberfläche des Spiegels oder des Glases vertheilten Strahlen in den kleinen Raum des Sonnenbildes zusammengedrängt und der einzige Unterschied ist nur der, daß in den Spiegeln diese Vereinigung durch die Reflexion, in den Gläsern durch die Brechung geschieht. Das ist die Wirkung der erhabenen Gläser, die in der Mitte dicker als am Rande sind, so wie ich sie an Nr. II. IV. und VI. gezeigt habe. Die Gläser aber von Nr. III. V. und VII., die an den Enden dicker sind als in der Mitte, die man schlechtweg Hohlgläser nennt, bringen eine ganz entgegengesetzte Wirkung hervor.

Fig. 24.



Ein solches Glas sey ACB; wenn man den Gegenstand EGF in eine große Entfernung vor das Glas setzt: so werden die Strahlen GA, GC, GB, die von dem Punkte G auslaufen, durch das Glas in l, m, n, so gebrochen, als wenn sie von dem Punkte g kämen, und ein Auge, das hinter dem Glase steht, z. B. in m, wird den Gegenstand so sehen, als wenn er aufrecht in egf stünde, aber um so vielmal kleiner, als die Entfernung CG die Entfernung Cg übertrifft. Wie sich also in erhabenen Gläsern das Bild der sehr entfernten Gegenstände hinter denselben und verkehrt abmalt, so zeigt es sich in Hohlgläsern vor denselben und aufrecht. In beiden ist das Bild um so vielmal verkleinert, als es dem Glase näher ist als der Gegenstand selbst. Auf diese Eigenschaft der Gläser gründet sich die Construktion der Vergrößerungsgläser und der Fernröhre oder Brillen.

Den 11. August 1760.

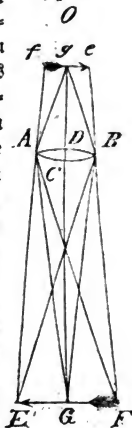
Vierzigster Brief.

Fortsetzung desselben Gegenstandes, besonders von den Brenngläsern und ihrem Brennpunkt.

Die erhabenen Gläser geben mir noch zu einigen Bemerkungen Anlaß, welche ich Ew. H. vortragen will. Ich rede hier

von den erhabenen Gläsern überhaupt, d. h. von allen die in der Mitte dicker sind als an den Enden, mögen nun beide Seiten erhaben, oder nur eine erhaben und die andere eben, oder gar die andere hohl seyn, wenn nur die Convexität größer als die Concavität, und also die Dicke in der Mitte größer als am Rande ist. Ausserdem setzt man noch voraus, daß die Flächen dieser Gläser kreis- oder vielmehr kugelförmig geschliffen sind. Diese Gläser haben zunächst die Eigenschaft, daß sie, gegen die Sonne gehalten, hinter sich einen Brennpunkt zeigen, welcher ein Abbild der Sonne ist und die verstärkte Kraft zu leuchten und zu entzünden besitzt. Dieß rührt daher, daß alle Strahlen, die von einem Punkte der Sonne ausgehen, durch die Brechung im Glase wieder in einem einzigen Punkt vereiniget werden. Dasselbe geschieht, wenn man irgend einen andern beliebigen Gegenstand vor das Glas hält; es zeigt jedesmal ein Bild desselben, welches man anstatt des Gegenstandes selbst sieht. Alles das wird durch die folgende Figur deutlicher werden.

Fig. 25.



ABCD sey ein erhabnes Glas, vor welchem sich ein Gegenstand EFG befindet, von dem es genug ist, vorerst die drei Punkte E, F und G zu betrachten. Die Strahlen, die von dem Punkte E aus auf das Glas fallen, sind in dem Raume AEB enthalten, und werden durch die Brechung alle in den Raum AeB gebracht, so daß sie sich in dem Punkte e vereinigen. Ebenso füllen die Strahlen, die vom Punkte G auf das Glas fallen, den Raum AGB, und werden durch die Brechung in den Raum AgB gebracht, wo sie sich in dem Punkte g vereinigen. Endlich werden die Strahlen aus dem Punkte F, die auf das Glas innerhalb des Winkels AFB fallen, so gebrochen, daß sie sich in dem Punkte f vereinigen. Auf diese Art wird man das Bild efg hinter dem Glase und in verkehrter Lage bekommen; und ein Auge, das hinter diesem Bilde, z. B. in O steht, wird denselben Eindruck erhalten, als wenn der Gegenstand in egf verkehrt stünde und um so vielmal kleiner wäre, als die Entfernung Dg kleiner ist als die CG. Um den Ort des Bildes egf zu bestimmen, muß man sowohl die Beschaffenheit des Glases als die Entfernung des Gegenstandes berücksichtigen. Hinsichtlich der erstern ist das Bild

um so näher beim Glase, je erhabner das Glas ist, d. h., je mehr die Dicke der Mitte CD die Dicke der Ränder übertrifft. In Betreff der andern muß man bemerken, daß, wenn man den Gegenstand EF dem Glase näher bringt, das Bild ef sich davon entfernt und umgekehrt. Das Bild muß am nächsten beim Glase seyn, wenn der Gegenstand sehr weit entfernt ist, denn alsdann ist es in derselben Entfernung wie das Sonnenbild, welches man den Brennpunkt des Glases nennt. Ist also das Objekt sehr entfernt, so fällt das Bild in den Brennpunkt selbst, und je näher man den Gegenstand dem Glase rückt, desto mehr entfernt sich auch das Bild davon: und zwar nach einer in der Dioptrik bewiesenen Regel, vermöge welcher man allemal den Ort des Bildes für alle Entfernungen des Gegenstandes bestimmen kann, wenn man nur den Brennpunkt des Glases oder die Entfernung kennt, in welche das Sonnenbild fällt, wo sich die Zündkraft äußert. Diese Entfernung aber läßt sich leicht durch Erfahrungen finden. Daher rührt auch die Benennung der Gläser, wenn man sagt: das Glas hat seinen Brennpunkt in der Entfernung von einem Zoll, hat eine Brennweite von Einem Zoll; ein anderes von einem Fuß, noch ein anderes von zehn Fuß u. s. w. Die langen Fernröhren erfordern Gläser, die große Brennweiten haben; und gute Gläser dieser Art sind sehr schwer zu verfertigen. Ich habe schon 150 Rthlr. für ein Glas mit einer Brennweite von 600 Fuß bezahlt, welches ich der Petersburger Akademie schickte, und ich bin überzeugt, daß es nicht viel getaugt hat; aber man verlangte es der Seltenheit wegen. Um Ew. H. zu zeigen, daß ein solches Bild egf (in der vorigen Figur) wirklich vorhanden ist, darf man nur an den Ort ein weiß Blatt Papier halten, dessen Theilchen für alle Arten von Schwingungen empfänglich sind, von denen die Farben herrühren. Es werden alsdann alle Strahlen aus dem Punkte E des Gegenstandes sich in dem Punkte e vereinigen, dieses Theilchen des Papiers in dieselbe schwingende Bewegung versetzen, welche der Punkt E hat, und deßhalb wird sich auch dieselbe Farbe darauf bilden. Ebenso werden die Punkte g und f einerlei Farben haben mit den Punkten des Gegenstandes G und F, und in der That wird man auch auf dem Papiere alle Punkte des Gegenstandes mit ihren natürlichen Farben ausgedrückt sehen, was das schönste und richtigste Gemälde des Gegenstandes geben wird. Dieß gelingt noch besser

in einem verfinsterten Zimmer, wenn man das Glas in eine Oeffnung des Fensterladens setzt; alsdann wird man alle Gegenstände, die draußen vor dem Fenster sind, so genau abgemalt finden, daß man sie mit der Reißfeder nachziehen kann. Die Maler bedienen sich einer derartigen Vorrichtung zur Aufnahme von Landschaften und Ansichten. Den 13. August 1760.

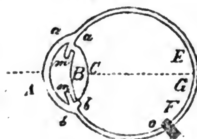
Einundvierzigster Brief.

Vom Gesichtssinn und dem Bau des Auges.

Nun bin ich im Stande, Ew. H. zu erklären, auf welche Weise das Sehen in den Augen der Menschen und der Thiere geschieht, was ohne Zweifel das größte Wunder ist, zu dessen Erkenntniß der Menschengeist gelangen konnte. Obwohl wir diese Erscheinung noch lange nicht vollkommen kennen, so reicht doch das Wenige, was wir wissen, hin, uns von der Allmacht und der unendlichen Weisheit des Schöpfers zu überzeugen; und diese Wunder müssen unser Gemüth zu der reinsten Anbetung des höchsten Wesens hinreißen. Wir werden in dem Bau des Auges Vollkommenheiten gewahr, die der aufgeklärteste Verstand niemals ergründen kann; und der geschickteste Künstler könnte keine Maschine von der Art verfertigen, die nicht in jeder Hinsicht unendlich hinter dem zurückbliebe, was wir am Auge wahrnehmen; wenn wir ihm auch die Gabe, den Stoff nach seinem Gefallen bilden zu können, und den höchsten Grad von Scharfsinn zuschrieben, dessen ein Mensch nur fähig ist.

Ich werde mich hier bei der anatomischen Beschreibung des Auges nicht aufhalten; es genügt für meinen Zweck zu bemerken, daß die vorderste Haut aAb durchsichtig ist und die Hornhaut[1] heißt; hinter ihr liegt inwendig eine andere Haut am, bm, die kreisförmig und gefärbt ist, und die Regenbogenhaut heißt[2]; sie hat in der Mitte eine runde Oeffnung mm, welche man die Pupille nennt, die ganz schwarz erscheint. Hinter dieser Oeffnung ist ein Körper bBCa von der Gestalt eines kleinen, vollkommen durchsichtigen Brennglases aus Haut-

Fig. 26.



[1] Cornea.
[2] Iris.

substanz, der die Krystalllinse heißt. Hinter der Krystalllinse ist die Augenhöhlung mit einer vollkommen durchsichtigen gallertartigen Feuchtigkeit angefüllt, welche Glasfeuchtigkeit [1] genannt wird. Die Höhlung vorne zwischen der Hornhaut aAb und dem Crystall ab enthält eine wasserähnliche Flüssigkeit, die man deshalb auch die wässerige Feuchtigkeit [2] nennt. Vier durchsichtige Materien sind es also, durch welche die Lichtstrahlen, die in's Auge kommen, passiren müssen: 1) die Hornhaut; 2) die wässerige Feuchtigkeit zwischen A und B; 3) die Krystalllinse bBCa; und 4) die glasartige Feuchtigkeit. Diese vier Stoffe sind von verschiedener Dichte, und die Strahlen, welche von einer in die andere übergehen, erleiden jedesmal eine besondere Brechung und zwar in der Ordnung, daß die Strahlen, die von einem Punkte eines gewissen Gegenstandes auslaufen, sich im Innern des Auges auch in Einem Punkte vereinigen und das Bild desselben darstellen. Die Rückwand des Auges in EGF ist aber mit einem weißlichen Gewebe bekleidet, das die Bilder so aufzunehmen vermag, wie ich oben gezeigt habe, daß auf einem weißen Grunde die Bilder der Gegenstände sich vermittelst eines erhabenen Glases erzeugen lassen. Nach demselben Princip also werden alle Gegenstände, von welchen Strahlen in's Auge kommen, auf der weißlichten Rückwand des Auges, welche die Netzhaut [3] heißt, naturgetreu dargestellt. Entfernt man an einem Ochsenauge die äußern Theile, welche die Netzhaut bedecken, so sieht man alle Gegenstände darauf so genau abgebildet, daß kein Maler sie so nachmalen könnte. Um also irgend einen Gegenstand zu sehen, muß stets ein solches Bild von ihm auf der Rückwand des Auges, auf der Netzhaut, abgemalt seyn; und man erblindet, wenn durch einen unglücklichen Zufall einige Theile des Auges verderben oder ihre Durchsichtigkeit verlieren. Um aber die Gegenstände zu sehen, genügt es noch nicht, daß ihre Bilder sich auf der Netzhaut abmalen; es gibt Leute, welche trotzdem doch blind sind, woraus man erkennt, daß nicht die auf der Netzhaut abgemalten Bilder der unmittelbare Gegenstand des Sehens sind, sondern daß die Wahrnehmung derselben durch die Seele anderswo geschieht. Die Netzhaut, mit welcher die ganze Rückwand des Auges überzogen ist, ist ein Gewebe der

[1] Humor vitreus.
[2] Humor aqueus.
[3] Retina.

feinsten Nervenfäden, die mit einem großen Nerv zusammenhängen, welcher aus dem Gehirne kommt, bei O in's Auge tritt und der Sehnerv heißt. Durch die Lichtstrahlen, welche das Bild auf der Rückwand des Auges bilden, werden die kleinen Nerven der Netzhut afficirt, und diese Erschütterung pflanzt sich vermittelst des Sehnervs weiter in's Gehirn fort, wo ohne Zweifel der eigentliche Sitz der Empfindung ist. Der geschickteste Anatom vermag aber die Nerven nicht bis zu ihrem Ursprunge zu verfolgen, und die Verbindung der Seele mit dem Körper wird für uns ewig ein Geheimniß bleiben. Von welcher Seite man immer diese Verbindung betrachten mag, sie wird immer für uns das größte und unergründlichste Wunder der göttlichen Allmacht seyn. Wie sehr sollten die starken Geister, die alles verwerfen, was ihr beschränkter Verstand nicht begreift, bei diesem Gedanken beschämt werden! Den 15. August 1760.

Zweiundvierzigster Brief.

Fortsetzung; Betrachtung der Wunder, die man im Bau des Auges entdeckt.

Ew. H. werden hoffentlich gerne mit mir die Wunder noch genauer betrachten, die wir im Bau des Auges entdecken können. Zunächst liefert uns die Pupille einen würdigen Gegenstand unserer Bewunderung: die Pupille ist diejenige dunkle Oeffnung in der Iris oder dem Sterne, durch welche die Strahlen in's Innere des Auges gelangen. Je größer die Oeffnung ist, desto mehr Strahlen können in's Auge dringen und auf der Netzhaut das Bild abspiegeln, das man darauf abgemalt sieht: also wird dieses Bild desto heller seyn, je offener der Stern ist. Man darf nur die Augen verschiedener Menschen genau betrachten, um zu sehen, daß die Oeffnung ihrer Pupille bald größer bald kleiner ist. Man bemerkt durchgängig, daß die Pupille sich zusammenzieht, wenn man sich in einem sehr hellen Lichte befindet, und sich hingegen wieder ausdehnt, wenn man an einen weniger erleuchteten Ort kommt. Diese Veränderung ist zur Vollkommenheit der Sehkraft sehr nothwendig. Wenn wir uns in heller Beleuchtung befinden, sind die Strahlen stärker, und daher eine kleinere Anzahl derselben hinreichend, die Nerven unserer Netzhaut in Bewegung zu setzen; daher verengert sich alsdann die

Pupille. Wäre er weiter geöffnet und ließe also eine größere Menge von Strahlen ein, so würde ihre Stärke die Nerven zu sehr erschüttern, und uns Schmerz verursachen. Das ist die Ursache, warum wir nicht in die Sonne sehen können, ohne geblendet zu werden und einen sehr merklichen Schmerz im Auge zu empfinden. Wäre es uns möglich, den Stern noch weiter zusammen zu ziehen und nur eine noch geringere Anzahl von Strahlen zuzulassen, so würden wir keine Beschwerde mehr fühlen; aber dieses Zusammenziehen der Pupille steht nicht in unserer Macht. Die Adler haben den Vorzug, daß sie gerade in die Sonne sehen können, aber man hat auch wahrgenommen, daß ihre Pupille sich dann so zusammenzieht, daß sie beinahe nur ein Punkt zu seyn scheint. Wie eine große Helle eine sehr kleine Eröffnung der Pupille erfordert: so muß sie sich dagegen desto mehr erweitern, je mehr das Licht abnimmt; und im Finstern öffnet sie sich so sehr, daß sie beinahe den ganzen Raum der Iris einnimmt. Bliebe die Oeffnung eben so klein als im Hellen, so würden die schwachen Strahlen, die alsdann ins Auge kommen, nicht im Stande seyn, die Nerven so stark anzuregen, als die Wahrnehmung erfordert. Es gehört also eine größere Menge dieser schwachen Strahlen dazu, um eine merkliche Wirkung im Auge zu thun. Wenn es uns möglich wäre den Stern noch weiter zu öffnen, könnten wir auch in einer ziemlich großen Finsterniß sehen können. Man führt bei dieser Gelegenheit das Beispiel eines Menschen an, dem nach einem Schlage, den er in's Auge bekommen hatte, der Stern dergestalt erweitert wurde, daß er in der größten Dunkelheit lesen und die kleinsten Gegenstände unterscheiden konnte. Die Katzen und verschiedene andere Thiere, die im Finstern auf Raub ausgehen, können ihre Pupillen viel mehr erweitern als die Menschen, und die Nachteulen haben beständig so weit geöffnete Pupillen, daß sie auch ein mäßiges Licht nicht ertragen können. Daß aber die menschliche Pupille sich erweitert und zusammenzieht, ist kein Akt seines freien Willens, und der Mensch nicht im Stande, nach Belieben seine Pupille zu erweitern und zu verengern; sondern sobald er sich an einem stark beleuchteten Orte befindet, zieht sich die Pupille von selbst zusammen, und erweitert sich wieder, sobald er wieder einen weniger hellen oder dunkeln Ort betritt. Dieser Wechsel findet aber nicht in einem Augenblicke statt, sondern es gehören etliche Minuten Zeit dazu, bis sich der Stern den Umständen anbequemt. So

werden Ew. H. schon bemerkt haben, daß, wenn Sie aus einer grellen Beleuchtung auf einmal in einen finstern Ort hineinblicken, wie z. B. manchmal im Theater, Sie anfangs die anwesenden Personen nicht erkennen konnten. Die Pupille war noch zu enge, als daß die wenigen schwachen Strahlen, die sie einließ, einen merklichen Eindruck zu machen vermocht hatten; allmählig aber erweiterte sich der Stern, um mehr Strahlen aufzunehmen. Das Gegentheil geschieht, wenn man aus einem finstern Orte plötzlich in eine grelle Beleuchtung kommt. Die Pupille ist dann noch zu weit geöffnet, die Netzhaut zu sehr angegriffen, und man wird also ganz geblendet und genöthigt, die Augen zu schließen. Es ist also ein sehr merkwürdiger Umstand, daß die Pupille sich nach den Bedürfnissen des Sehens verengert und erweitert, und diese Veränderung fast von selbst vor sich geht, ohne daß unser Wille das Geringste dazu thut. Die Naturforscher, die den Bau und die Verrichtungen des menschlichen Körpers untersuchen, sind über den Grund dieser Veränderung noch sehr getheilt; und es ist wenig Hoffnung vorhanden, jemals den wahren finden zu können. Inzwischen ist diese Veränderlichkeit der Pupille ein sehr nothwendiges Stück zum Sehen, und ohne dieses würde jene sehr mangelhaft seyn. Wir werden aber noch manche andere Wunder entdecken.

Den 17. August 1760.

Dreiundvierzigster Brief.

Forsetzung, und besonders von dem großen Unterschied zwischen dem thierischen Auge und einem künstlichen oder einer Camera obscura.

Der Grundsatz, auf welchem der Bau des Auges beruht, ist im Allgemeinen derselbe wie der, von welchem ich die Bilder der Gegenstände auf einem weißen Papiere durch ein erhabenes Glas hergeleitet habe. In beiden handelt es sich darum, daß alle Strahlen, die von einem Punkte des Gegenstandes auslaufen, wieder durch die Brechung in einem einzigen Punkte sich vereinigen, und es kommt nichts darauf an, ob diese Brechung durch ein einziges Glas oder durch mehrere durchsichtige Materien (aus welchen das Auge besteht) geschehe. Hieraus ließe sich sogar ableiten, daß ein einfacherer Bau des Auges, wozu nur eine einzige durchsichtige Materie genommen worden wäre, dieselbe Dienste gethan hätte; und dieß würde

ein starkes Beispiel gegen die Weisheit des Schöpfers seyn, der gewiß in seinen Werken den kürzesten Weg eingeschlagen, und die geeignetsten Mittel angewandt hat. Es hat starke Geister gegeben und gibt deren noch, die sich vermessen: wenn Gott bei der Schöpfung sie zu Rathe gezogen hätte, hätten sie ihm manchen guten Rath geben und Manches besser einrichten können. So glauben sie auch in diesem Falle, sie hätten einen weit einfachern und geeignetern Plan zum Baue des Auges liefern können. Ich will das Auge dieser starken Geister untersuchen, und Ew. H. werden nach dieser Untersuchung selbst einsehen, wie mangelhaft und ganz unwürdig des Vergleiches mit den Werken des Schöpfers dieses ihr Machwerk gewesen wäre.

Fig. 27.

Das Auge dieser starken Geister würde sich also nur auf ein einziges erhabnes Glas ABCD beschränken, von dem ich bemerkt habe, daß es alle Strahlen, die von einem Punkte des Gegenstandes ausgehen, wieder in einen Punkt vereinige; allein dieß ist nur theilweise richtig. Die kreisrunde Gestalt, die man den Flächen des Glases gibt, hat immer den Nachtheil, daß die Strahlen, die auf die äußersten Ränder des Glases fallen, sich nicht im selben Punkte sammeln wie diejenigen, welche durch die Mitte des Glases gehen. Es findet daher immer ein kleiner Unterschied statt, der zwar bei den Versuchen, wo man das Bild mit einem weißen Papiere auffängt, kaum merklich ist, der aber, wenn er im Auge selbst vorhanden wäre, die Deutlichkeit des Sehens sehr beeinträchtigen würde. Nun sagen diese Leute zwar: man könnte anstatt der kreisrunden eine andere Figur zu den Flächen des Glases finden, welche die Eigenschaft hätte, alle vom Punkte O auslaufende Strahlen, gleichviel ob sie durch die Mitte des Glases oder durch seine äußersten Theile gehen, wieder in einem Punkte R zu vereinigen. Ich gebe zu, daß das möglich wäre; wenn aber auch das Glas diese Eigenschaft hinsichtlich des Punktes O hätte, der sich in einer gewissen Entfernung vom Glase, CO, befindet, so würde es dieselbe doch nicht mehr für die vom Glase mehr oder weniger entfernten Punkte haben. Und wenn auch das möglich wäre, was übrigens nicht der Fall ist, so würde es doch gewiß diese Eigenschaft hinsichtlich der seitwärts liegenden Gegenstände wie T verlieren. So sieht man, wenn man gewisse

Objekte auf einem weißen Papier sich abspiegeln läßt, daß die gerade vor dem Glase, z. B. in O, befindlichen Gegenstände zwar ziemlich deutlich, die schief vor dem Glase liegenden aber z. B. in T, sehr undeutlich und entstellt abgebildet werden; ein Fehler, welchem der größte Künstler nicht abhelfen könnte. Es kommt dabei aber noch ein anderer, ebenso gewichtiger Uebelstand in Betracht. Schon oben, wo ich Ew. H. die Strahlen der verschiedenen Farben erklärte, bemerkte ich, daß die Strahlen, wenn sie aus dem einen durchsichtigen Medium in's andere übergehen, eine verschiedene Brechung erleiden, und die rothen Strahlen am wenigsten, die violetten aber am meisten gebrochen werden. Wenn also der Punkt O roth wäre, und seine Strahlen beim Durchgehen durch das Glas AB in dem Punkt R gesammelt würden, so würde dieß die Stelle des rothen Bildes seyn. Wenn aber der Punkt O violett wäre, würden sich seine Strahlen näher beim Glase in V sammeln. Da ferner die weiße Farbe eine Mischung aller einfachen Farben ist, würde ein weißer Gegenstand, den man in den Punkt O stellte, mehrere Bilder auf einmal geben, die in verschiedenen Entfernungen von O lägen; dadurch aber würde ein farbiger Fleck auf der Netzhaut entstehen, der das Bild sehr undeutlich machen müßte. In der That bemerkt man auch, wenn man in einem finsteren Zimmer die Bilder äußerer Gegenstände auf einem weißen Papiere auffängt, daß sie immer am Rande die Regenbogenfarben zeigen; und diesem Fehler ist auch nicht abzuhelfen, wenn man nur einen einzigen durchsichtigen Körper nimmt. Nun hat man zwar gefunden, daß dieß mittelst verschiedener durchsichtiger Materien möglich ist, aber weder die Theorie noch die Praxis haben bisher auf den nöthigen Grad von Vollkommenheit gebracht werden können, um mittelst einer solchen Zusammensetzung allen diesen Uebelständen zugleich abzuhelfen. Indessen hat das Auge welches der Schöpfer geschaffen, keinen von den genannten Mängeln, und noch weniger einige andere, denen das Auge des starken Geistes ausgesetzt wäre. Daraus erkennt man also den wahren Grund, warum die göttliche Weisheit mehrere durchsichtige Materien zur Bildung des Auges verwendet hat: den nämlich, dasselbe von allen Mängeln zu befreien, welche Menschenwerken dieser Art eigen sind. Welcher würdige Gegenstand unserer Bewunderung! der Psalmist hat alle Ursache uns auf die wichtige Frage zu leiten: Der, welcher das Auge gemacht hat, sollte der nicht sehen? Der das Ohr gebildet hat,

sollte der nicht hören? — Wenn also schon ein einziges Auge ein Meisterstück ist, das allen menschlichen Verstand übersteigt, welche erhabene Vorstellung müssen wir uns erst von Demjenigen machen, der nicht bloß alle Menschen, sondern auch alle Thiere und selbst die geringsten Insekten mit dieser kostbaren Gabe und noch dazu in der größten Vollkommenheit ausgestattet hat?

Den 19. August 1760.

Vierundvierzigster Brief.

Von den andern Vorzügen und Vollkommenheiten, die man im menschlichen Auge entdeckt.

Das Auge übertrifft also bei Weitem alle Maschinen, welche die menschliche Kunst hervorbringen kann. Die verschiedenen durchsichtigen Materien, aus denen es zusammengesetzt ist, haben nicht nur einen Grad von Dichte, der verschiedene Brechungen zu verursachen vermag, sondern ihre Figur ist auch so bestimmt, daß alle Strahlen, die von einem Punkte des Gegenstandes auslaufen, sich genau wieder in Einem Punkt vereinigen, gleichviel ob der Gegenstand näher oder entfernter, gerade oder schief vor dem Auge ist, und die Strahlen die verschiedenste Brechung erleiden. Die kleinste Aenderung, die man in der Natur und der Gestalt der durchsichtigen Materien vornähme, würde das Auge unfehlbar aller der Vorzüge berauben, die wir eben bewundert haben. Und doch haben die Atheisten die Dreistigkeit zu behaupten, die Augen wie die ganze Welt seyen nur das Werk eines bloßen Zufalls. Sie finden darin nichts, was ihrer Aufmerksamkeit werth wäre; sie erkennen im Bau des Auges kein Merkmal der Weisheit, sondern glauben vielmehr alle Ursache zu haben, sich über ihre Unvollkommenheit zu beklagen, weil sie weder im Finstern noch durch eine Mauer sehen, noch in sehr entfernten Gegenständen, wie in der Sonne und den andern Himmelskörpern, jede Kleinigkeit unterscheiden können. Sie schreien laut, das Auge sey kein planmäßiges Werk, sondern ein Gebilde des Zufalls, wie der Erdkloß, den man auf dem Felde findet; und es sey eine ungereimte Behauptung, daß wir die Augen zum Sehen haben; wir brauchten vielmehr die Glieder, die wir zufällig erhalten haben, so gut es eben ihre Natur erlaubte. Ew. H. werden voll Entrüstung solche Ansichten anhören, die leider dermalen nur allzu sehr im Schwange sind unter Leuten, die sich allein weise dünken

und nach Herzenslust über Andere spotten, welche in der Welt die deutlichsten Spuren eines höchst mächtigen und weisen Schöpfers finden. Es ist unnöthig, sich mit solchen Leuten auf einen Wortwechsel einzulassen; sie bleiben unerschütterlich auf ihren Ansichten und leugnen die ehrwürdigsten Wahrheiten. So wahr ist es, was der Psalmist sagt: 'Nur die Thoren sagen in ihrem Herzen: es ist kein Gott.' Ihre Forderungen hinsichtlich der Augen sind ebenso ungereimt als ungerecht. Nichts ist in der That ungereimter, als Dinge durch Körper hindurch sehen zu wollen, die keine Lichtstrahlen durchlassen; und was ferner ihr Verlangen nach einem Gesicht betrifft, das noch auf den entlegensten Sternen die geringsten Kleinigkeiten unterscheiden könne, so braucht man ihnen nur entgegenzuhalten, daß die gegenwärtige Einrichtung unserer Augen unsern Bedürfnissen angemessen ist, und wir so wenig Ursachen haben, mehr zu begehren, daß wir vielmehr dieses wunderbarste Geschenk des höchsten Wesens mit demüthiger Dankbarkeit verehren müssen. Um aber endlich die Gegenstände deutlicher zu sehen, genügt es nicht, daß die Strahlen, die aus einem Punkte kommen, wieder in einem andern Punkte sich vereinigen; es muß noch außerdem dieser Vereinigungspunkt gerade auf die Netzhaut im hintersten Theile des Auges fallen; fiele er diesseits oder jenseits, so würde das Sehen undeutlich. Wenn nun für eine gewisse Entfernung der Gegenstände diese Vereinigungspunkte gerade auf die Netzhaut fallen, so fallen die von entferntern Gegenständen in das Auge hinein vor die Netzhaut; und die von näheren hinter das Auge. Beide Fälle würden eine Störung in dem auf der Netzhaut entworfenen Bild verursachen. Die Augen jedes Menschen sind also nur für eine gewisse Entfernung eingerichtet. Einige sehen blos die Gegenstände deutlich, die nahe beim Auge sind, und diese heißen Kurzsichtige oder Myopes; Andere sehen nur die entfernteren Objekte und heißen Weitsichtige oder Presbyten; wer die mittelmäßig entfernten Gegenstände deutlich sieht, hat ein gutes Gesicht. Inzwischen kann jede der beiden Arten die Sehweite der Augen durch einiges Zusammendrücken ein wenig verlängern oder verkürzen, und dadurch die Netzhaut näher an das Vordertheil des Auges bringen oder mehr davon entfernen, was sie in den Stand setzt, auch die etwas näheren oder entfernteren Gegenstände deutlich zu sehen. Dieß ist ebenfalls ein wichtiges Hülfsmittel zur Vollkommenheit unserer Augen, das wir unmöglich dem bloßen Zufall zuschreiben können. Wer

ein gutes Gesicht hat, hat hievon den größten Nutzen, weil sie sowohl nahe als weite Gegenstände deutlich sehen können; demunerachtet erstreckt sich dieß nicht über eine gewisse Grenze hinaus; und es ist vielleicht Niemand, der auf die Entfernung von einem Zoll, oder noch weniger sehen könnte. Wenn Ew. H. eine Schrift so nahe vor's Auge hielte, würden Sie die Buchstaben nur ganz verworren sehen. Aber ich glaube Ewr. H. über diesen wichtigen Gegenstand genug gesagt zu haben. Den 21. Aug. 1760.

Fünfundvierzigster Brief.

Von der Schwere, als einer allgemeinen Eigenschaft aller uns bekannten Körper.

Nach dem was ich bisher von dem Lichte und den Strahlen gesagt habe, werde ich nunmehr Ew. H. von einer allgemeinen Eigenschaft aller Körper, die wir kennen, unterhalten, nämlich von der Schwere. Man sieht, daß alle Körper, feste sowohl als flüssige, zu Boden fallen, wenn sie nicht unterstützt werden. Wenn ich einen Stein in der Hand halte und ich ihn loslasse, fällt er an die Erde und würde noch weiter fallen, wenn eine Oeffnung in der Erde wäre. Während ich hier schreibe, würde mein Papier zu Boden fallen, wenn es nicht der Tisch hielte. Dasselbe geschieht mit allen Körpern, die wir kennen, und es gibt keinen, der nicht fiele, sobald er nicht mehr unterstützt wird. Die Ursache dieser Erscheinung oder der Neigung zu fallen, die man in allen Körpern findet, heißt ihre Schwere oder ihr Gewicht. Wenn man sagt, daß alle Körper schwer seyen, versteht man darunter, daß alle einen Trieb haben zu fallen, und daß alle wirklich fallen würden, wenn sie nichts unterstützte. Die Alten kannten diese Eigenschaft nicht vollkommen; sie glaubten, es gebe auch Körper, die vermöge ihrer Natur in die Höhe stiegen, wie wir es beim Rauch und den Dünsten sehen, und nannten diese Körper leichte Körper, um sie von denen zu unterscheiden, die zum Fallen geneigt sind. Aber in neuerer Zeit hat man erkannt, daß es die Luft ist, welche diese Materien in die Höhe treibt, denn in einem luftleeren Raume, den man durch die Luftpumpe macht, fallen der Rauch und die Dünste eben so gut zu Boden als ein Stein; woraus folgt, daß diese Materien ihrer Natur nach eben so schwer sind als die

andern. Daß sie aber in der Luft in die Höhe steigen, geschieht aus demselben Grunde, aus welchem ein Stück Holz, das man im Wasser untergetaucht hat, seiner Schwere ungeachtet wieder in die Höhe steigt und auf dem Wasser schwimmt, sobald man es losläßt. Dieß rührt daher, daß das Holz weniger schwer ist als das Wasser, und es ist eine allgemeine Regel, daß alle Körper in einer Flüssigkeit in die Höhe steigen, die schwerer ist als sie selbst. Wenn man in ein mit Quecksilber angefülltes Gefäß einige Stücke Eisen, Kupfer, Silber und sogar Blei wirft, so schwimmen sie auf demselben und steigen von selbst wieder empor, so oft man sie untertaucht; das Gold allein fällt darin zu Boden, weil es schwerer ist als das Quecksilber. Wenn es also Körper gibt, die ungeachtet ihrer Schwere im Wasser oder in andern Flüssigkeiten in die Höhe steigen, aus der einzigen Ursache, weil sie leichter sind als das Wasser oder diese Flüssigkeit, so ist es nicht zu verwundern, daß auch in der Luft gewisse Körper, welche leichter sind als jene, in die Höhe steigen, wie z. B. der Rauch und die Dünste. Ich habe Ewr. H. schon gezeigt, daß die Luft selbst schwer ist, und nur durch ihre Schwere das Quecksilber im Barometer erhält. Wenn man demnach sagt, alle Körper seyen schwer, so muß man darunter verstehen, daß alle ohne Ausnahme in einem luftleeren Raume fallen würden. Ich könnte sogar noch hinzusetzen, daß sie darin alle mit gleicher Geschwindigkeit fallen, denn unter einer Glasglocke, aus welcher man die Luft auspumpt, fallen ein Dukaten und eine Flaumfeder mit gleicher Geschwindigkeit zu Boden. Hierauf werde ich später noch ausführlicher zurückkommen. Man könnte gegen die allgemeine Eigenschaft dieser Körper noch einwenden, daß eine aus einem Mörser geworfene Bombe nicht unmittelbar zu Boden falle, wie der Stein, den ich aus der Hand fallen lasse, sondern in die Höhe steige. Aber kann man daraus wohl vernünftiger Weise schließen, daß die Bombe keine Schwere hat? Es ist nur zu augenscheinlich, daß es die Gewalt des Pulvers ist, welche die Bombe in die Höhe treibt, und daß sie ohne diese unfehlbar im Augenblick niederfallen würde. Wir sehen ja, daß die Bombe nicht immer steigt, sondern sobald die Kraft, die sie in die Höhe treibt, nachläßt, in der That fällt und Alles zertrümmert, was sie antrifft, und das ist Beweis genug für ihre Schwere. Wenn man also sagt, alle Körper seyen schwer, so läugnet man damit nicht, daß sie auch aufgehalten oder in die Höhe geschleudert

werden können, allein dieß muß durch Kräfte geschehen, welche diesen Körpern selbst fremd sind, und es bleibt immer gewiß, daß jeder Körper, sobald er sich selbst überlassen, in Ruhe und ohne anderweitige Bewegung ist, ganz sicher fallen wird, wenn er nicht mehr unterstützt ist. Unter meinem Zimmer ist ein Keller, aber mein Fußboden hält mich auf, und verhindert mich zu fallen. Faulten die Dielen meines Fußbodens auf einmal weg, und stürzte zu gleicher Zeit das Gewölbe meines Kellers ein, so würde ich unfehlbar sogleich in den Keller stürzen; dieß rührt daher, daß mein Körper eben sowohl schwer ist, als alle andere Körper, die wir kennen. Die wir kennen, sage ich, weil es vielleicht Körper ohne Schwere geben kann, wie die Körper der Engel, die ehemals erschienen sind. Ein solcher Körper würde nicht fallen, wenn man ihm gleich den Fußboden wegzöge, und würde oben in der Luft ebenso leicht gehen können, als hier unten auf der Erde. Mit Ausnahme dieser Körper also, die wir noch nicht kennen, ist die Schwere eine allgemeine Eigenschaft aller Körper, vermöge welcher sie alle zum Fallen geneigt sind, und wirklich fallen, sobald sich nichts ihrem Falle widersetzt.

Den 23. August 1760.

Sechsundvierzigster Brief.

Fortsetzung über denselben Gegenstand, und vom spezifischen Gewicht insbesondre.

Ew. H. haben gesehen, daß die Schwere eine allgemeine Eigenschaft aller Körper ist, die wir kennen, und daß sie in einer Neigung besteht, die sie mit unsichtbarer Gewalt zu Boden treibt. Die Philosophen streiten sehr darüber: ob es wirklich eine solche Kraft gebe, die unsichtbar auf alle Körper wirkt und sie nach unten treibt, oder ob es vielmehr eine immer in dem Wesen aller Körper selbst liegende Eigenschaft und eine Art von natürlichem Instinkt sey, die sie zum Fallen bestimmt. Diese Frage läßt sich auch so fassen: ob die Ursache der Schwere in der Natur jedes Körpers selbst, oder ob sie außer ihm liege, so daß, wenn sie zu wirken aufhörte, der Körper aufhören würde schwer zu seyn? oder kürzer und leichter: man fragt, ob die Ursache der Schwere in den Körpern oder außerhalb derselben liege? Ehe ich mich aber auf diesen Streit einlasse, müssen zuvor

alle Umstände, welche die Schwere der Körper begleiten, sorgfältiger untersucht werden. Ich bemerke zunächst, daß, wenn man einen Körper unterstützt, um seinen Fall zu verhindern, z. B. wenn man ihn auf einen Tisch legt, dieser Tisch dieselbe Gewalt aushält, mit welcher der Körper fallen würde; und wenn man einen Körper an einem Faden aufhängt, der Faden durch dieselbe Kraft gespannt wird, welche den Körper niedertreibt, nämlich durch seine Schwere; so daß der Faden zerreißen würde, wenn er nicht stark genug wäre. Wir sehen hieraus, daß alle Körper einen gewissen Druck auf diejenigen ausüben, welche sie unterstützen und zu fallen verhindern, und diese Gewalt ist gerade so groß als die Kraft, mit der sie wirklich fallen, sobald sie nicht unterstützt sind. Wenn man einen Stein auf den Tisch legt, so wird der Tisch gedrückt. Man darf nur die Hand zwischen den Stein und den Tisch legen, so wird man diese Gewalt sehr wohl verspüren, und diese könnte sogar so zunehmen, daß sie die Hand zerquetschte. Diese Kraft heißt das Gewicht des Körpers; es ist klar, daß Gewicht und Schwere gleich bedeutend sind, weil beide die Kraft bezeichnen, mit der jeder Körper nach unten zugetrieben wird, gleichviel ob diese Kraft in oder außer dem Körper liegt. Die Begriffe, die wir von dem Gewichte der Körper haben, sind so deutlich, daß ich mich hiebei nicht länger aufzuhalten brauche, ich bemerke nur noch daß, wenn man zwei Körper mit einander verbindet, auch ihr Gewicht sich vereinigt, so, daß das Gewicht des Zusammengesetzten so groß ist, als die Summe des Gewichts der Theile; woraus wir sehen, daß das Gewicht der Körper sehr verschieden seyn kann. Wir haben ein sehr sicheres Mittel, das Gewicht der Körper zu vergleichen und auf's Genaueste zu messen, nämlich die Waage, welche die Eigenschaft hat, im Gleichgewicht zu bleiben, wenn zwei gleich schwere Körper auf ihre beide Waagschalen gelegt werden. Diese Vergleichung zu erleichtern, setzt man ein gewisses bestimmtes Maaß fest, wie z. B. ein Pfund, und nun kann man mittelst einer guten Waage bestimmen, wie viel Pfunde auf das Gewicht jedes andern Körpers kommen. Ist ein Körper zu groß, um auf eine Waagschale gelegt zu werden, so theilt man ihn, wiegt jeden Theil und summirt die Gewichte. Auf diese Weise könnte man das Gewicht des größten Hauses erfahren.

Ew. H. werden schon wahrgenommen haben, daß ein kleines

Stück Gold eben so viel wiegt als ein weit größeres Stück Holz, woraus hervorgeht, daß das Gewicht eines Körpers nicht allemal mit seiner Größe im Verhältniß steht, weil ein sehr kleiner Körper sehr viel, und ein anderer großer sehr wenig wiegen kann. Bei jedem Körper also lassen sich zwei ganz verschiedene Messungen anstellen. Durch die eine bestimmt man seine Größe oder seine Ausdehnung, die man auch das Volumen nennt, und diese Messung gehört in die Geometrie, worin die Art der Messung der Größe oder Ausdehnung der Körper gelehrt wird. Die andere Art der Körpermessung, durch welche man sein Gewicht bestimmt, ist davon sehr verschieden; durch sie unterscheidet man die Natur der verschiedenen Stoffe, aus denen die Körper zusammengesetzt sind. Stellen sich Ew. H. mehrere Massen von verschiedenen Stoffen, aber von ganz gleicher Größe vor, jede z. B. in der Gestalt eines Würfels, dessen Länge, Breite und Höhe einen Fuß beträgt. Eine Masse von diesem Umfange, wenn sie von Gold wäre, würde 1336 Pfund, wäre sie Silber, 770 Pfund, wäre sie Eisen, 500 Pfund, wäre sie Wasser, nur 70 Pfund, und wäre sie endlich Luft, nur den zwölften Theil eines Pfundes wiegen. Ew. H. sehen daraus, daß die Verschiedenheit der Materie, aus der die Körper bestehen, auch eine sehr beträchtliche Verschiedenheit in Ansehung ihres Gewichts verursacht. Diese Verschiedenheit auszudrücken, braucht man gewisse Redensarten, die zweideutig scheinen könnten, wenn man sie nicht recht verstünde. Wenn man sagt, Gold sey schwerer als Silber, so heißt das nicht, ein Pfund Gold sey schwerer als ein Pfund Silber. Denn ein Pfund bleibt immer ein Pfund, von welcher Materie es immer seyn mag, und hat also immer einerlei Gewicht; aber der Sinn dieses Ausdrucks ist der, daß von zwei Stücken Gold und Silvon gleicher Größe das Gold mehr wiegen wird als das Silber. Ebenso, wenn man sagt, das Gold sey neunzehnmal schwerer als Wasser, versteht man darunter, daß, wenn man zwei Massen von gleichem Volumen hat, die eine von Gold, die andere von Wasser, die Gold-Masse neunzehnmal mehr wiegen wird als das Wasser. Mit diesem Ausdruck bezeichnet man also nicht das absolute Gewicht der Körper, sondern man spricht davon nur vergleichungsweise, indem man dabei immer gleichgroße Massen voraussetzt. Es kommt nicht darauf an, ob diese Massen groß oder klein, wenn sie nur unter einander gleich sind.

Den 25. August 1760.

Siebenundvierzigster Brief.

Von einigen Worten und Ausdrücken, welche sich auf die Schwere der Körper beziehen, und ihrer eigentlichen Bedeutung.

Die Schwere oder das Gewicht scheint uns so nothwendig zu dem Begriffe eines Körpers zu gehören, daß wir uns kaum einen Körper denken können, der nicht schwer wäre. Diese Eigenschaft kommt auch bei allen unsern Unternehmungen so sehr in's Spiel, daß man allenthalben auf die Schwere oder das Gewicht der Körper Acht haben muß. Wir selbst fühlen beständig die Wirkung unserer eigenen Körperschwere, wir mögen stehen, sitzen oder liegen; wir könnten nie fallen, wenn nicht unser Körper und alle seine Theile schwer oder geneigt wären, zu Boden zu fallen, sobald sie nicht mehr unterstützt werden. Selbst gewisse Ausdrücke unserer Sprache gründen sich auf diese Eigenschaft der Körper, und wir nennen das unten, was in der Richtung liegt, nach welcher die Körper fallen. Dieses Wort hat keine andre Bedeutung, und hätte die Schwere eine andere Richtung, so würden wir diese andere Gegend unten nennen. Ebenso nennen wir die entgegengesetzte Richtung oben, wobei zu bemerken ist, daß, wenn man einen Körper frei fallen läßt, er in einer geraden Linie herabsteigt, welche man die Richtung seiner Schwere nennt. Diese Linie heißt auch die Vertikallinie, die also immer eine gerade, von oben nach unten gezogene Linie ist; wenn wir uns diese Linie bis an den Himmel hinauf verlängert vorstellen, so nennen wir diesen Punkt des Himmels unser Zenith, welches ein arabisches Wort ist, und den Punkt des Himmels bedeutet, der unmittelbar über unserm Haupte steht. Ew. Hoheit begreifen daraus, was eine Vertikallinie ist, die gerade Linie nämlich, in der ein Körper fällt, sobald er nicht mehr unterstützt wird. Wenn man einen Körper an einen Faden knüpft, den man am andern Ende festhält, so wird dieser Faden, wenn er in Ruhe ist, sich in einer geraden Linie ausspannen, die ebenfalls die Vertikallinie seyn wird. So bedienen sich die Maurer eines mit einer Bleikugel beschwerten Fadens, und nennen aus diesem Grunde etwas bleirecht oder im Blei, wenn sie Mauern aufführen, die, um nicht einzufallen, vertikal seyn müssen. Alle Fußböden eines Hauses müssen so gerichtet werden, daß die Vertikallinie auf ihnen perpendikular steht; und alsdann sagt man, der Fußboden sey hori-

zontal, woraus Ew. H. ersehen, daß eine horizontale Ebene allemal die ist, auf welcher die Vertikallinie perpendikular steht. Wenn man sich in einer vollkommenen Ebene befindet, welche kein Berg begränzt, so heißt der äußerste Rand derselben der Horizont (ein griechisches Wort, das die Grenze unsers Gesichts bedeutet), und diese Ebene stellt alsdann eine horizontale Ebene vor, wie die Oberfläche eines Sees. Man braucht noch ein anderes Wort, um den Begriff von horizontal auszudrücken: man sagt, eine solche Linie oder Fläche sey waagerecht. Man sagt auch, zwei Punkte seyen waagerecht, wenn die gerade Linie, die durch beide hindurch geht, horizontal ist, so daß die Vertikal- oder bleirechte Linie perpendikular darauf steht. Zwei Punkte sind aber nicht waagrecht, wenn die gerade Linie, die durch sie gezogen wird, nicht horizontal ist; in diesem Fall ist einer von diesen Punkten höher als der andere. Dieß ist der Fall bei den Flüssen, deren Oberfläche immer einen Abhang hat; denn wäre sie horizontal, so würde das Wasser ruhig stehen bleiben und nicht fließen, während doch alle Ströme beständig aus höhern Gegenden in niedrigere fließen. Man hat Instrumente, mittelst deren man untersuchen kann, ob zwei Punkte waagerecht sind, oder ob einer höher ist als der andere und um wie viel. Dieses Instrument heißt einfach die Wasserwaage, und die Kunst es zu gebrauchen, das Wasserwägen oder Nivelliren. Wenn Ew. H. eine gerade Linie von einem Punkte in Ihren Gemächern zu Berlin an einen gewissen Punkt in Ihren Gemächern zu Magdeburg zögen, so ließe sich durch dieses Instrument finden, ob diese Linie horizontal, oder ob einer von beiden Punkten höher oder niedriger wäre als der andere. Ich glaube, der Punkt in Berlin würde höher seyn als der zu Magdeburg, und ich gründe diese Meinung auf den Lauf der Flüsse Spree, Havel und Elbe. Da die Spree in die Havel und die Havel in die Elbe fließt, so muß die Havel niedriger als die Spree, und die Elbe niedriger als die Havel seyn, woraus folgt, daß Berlin höher liegt als Magdeburg, d. h. der ebene Boden von beiden. Denn zöge man vom ebenen Boden in Berlin aus eine gerade Linie auf die Spitze des Magdeburger Domes, so würde vielleicht diese Linie horizontal seyn.

Ew. H. werden daraus begreifen, wie nützlich die Kunst des Nivellirens ist, wenn es sich um Wasserleitungen handelt; denn, da das Wasser nicht anders als aus einem höhern Ort

in einen tiefern fließen kann, muß man, ehe man einen Canal ausgräbt, worin Wasser fließen soll, erst vollkommen versichert seyn, daß das eine Ende des Canals höher ist als das andere, und dieß erfährt man durch's Nivelliren. Selbst wenn man eine Stadt baut, muß man die Straßen so anlegen, daß sie gegen die eine Seite einen Abhang haben, damit das Wasser ablaufe. Aber in Gebäuden müssen die Fußböden vollkommen horizontal und nicht abhängig seyn, weil es da nicht nöthig ist, Wasser abfließen zu lassen, wofern es nicht Ställe sind, in denen man ebenfalls dem Boden eine Neigung gibt. Auch die Astronomen tragen ängstlich Sorge, daß der Boden ihres Observatoriums vollkommen horizontal sey, um mit dem wahren Horizonte am Himmel übereinzustimmen, wenn die bis an den Himmel verlängerte Vertikallinie sein Zenith bezeichnet.

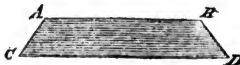
Den 27. August 1760.

Achtundvierzigster Brief.

Erwiderung auf etliche Einwürfe gegen die Kugelgestalt der Erde, die man aus dem Gesetz der Schwere gezogen hat.

Ew. H. wissen, daß die ganze Erde ungefähr die Gestalt einer Kugel hat; denn obgleich man in neuerer Zeit entdeckt hat, daß ihre Figur nicht vollkommen kugelförmig, sondern an den Polen abgeplattet ist, so ist doch dieser Unterschied so klein, daß er bei meinem Zwecke gar nicht in Betracht kommt. Auch die Berge und Thäler stören die kugelförmige Gestalt der Erde nicht besonders, da diese Kugel so groß ist, daß ihr Durchmesser 1720 deutsche Meilen beträgt, während die höchsten Berge nicht viel über eine halbe Meile hoch sind.

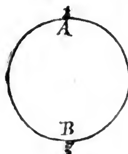
Fig. 28.



Die Alten haben einen undeutlichen Begriff von der wahren Gestalt der Erde gehabt; die meisten haben sie für eine große, oben abgeplattete, theils mit Erde, theils mit Wasser bedeckte Masse ABCD gehalten. Nach ihrer Meinung war nur die einzige Oberfläche AB bewohnbar, und es war unmöglich über A und B hinauszugehen, die sie für die Grenzen der Welt hielten. Als man sich in der Folge überzeugt hatte, daß die Gestalt der Erde ungefähr kugelförmig und allenthalben bewohnbar sey, so daß es Orte gebe, die uns gerade entgegengesetzt sind, wo die Einwoh-

ner uns die Füße zukehrten, weßhalb man sie auch **Antipoden** nennt; so fand diese Meinung so viel Widersprüche, daß einige Kirchenväter darin eine große Ketzerei sahen, und den Bannfluch über Alle aussprachen, welche die Existenz von Antipoden glaubten. Heut zu Tage würde man für einen Thoren gehalten werden, wenn man an ihrer Wirklichkeit zweifeln wollte, besonders seitdem diese Ansicht durch die Reisen um die Welt, die schon von Mehreren angestellt worden sind, bestätigt worden ist. Trotzdem findet man aber in diesem System noch manche Schwierigkeiten, deren Entfernung der Mühe werth ist.

Fig. 29.



Denn wenn der hier beigefügte Kreis die Erde vorstellt und wir in A sind, werden unsere Antipoden uns diametral gegenüber in B seyn. Weil wir also den Kopf oben und die Füße unten haben, so müssen dafür unsere Antipoden die Füße oben und den Kopf unten haben, was sehr widersinnig erscheint; denn diejenigen, welche die Reise um die Welt gemacht, haben nie und nirgend auf ihren Reisen dieß bemerkt, und können sich nicht erinnern, je den Kopf unten und die Füße in die Höhe gekehrt zu haben. Hätte der Antipode B den Kopf oben und die Füße unten wie wir, so würde er mit dem Kopfe die Erde berühren, und also auf dem Kopfe gehen müssen. In der Verlegenheit über die Schwierigkeit dieser Erscheinung haben Einige sie durch die Vergleichung mit einer Kugel zu heben geglaubt, auf deren Oberfläche man oft Fliegen und andere Insekten sowohl oben als unten herumlaufen sieht; allein sie bedenken nicht, daß die Insekten, die unten sind, sich durch ihre Klauen anhaken, und ohne dieses Hülfsmittel gewiß bald herunterfallen würden. Also müßte der Antipode wohl etwa Haken an seinen Schuhen haben, um sich fest zu halten; aber er hat keine, und fällt doch so wenig als wir. Noch mehr: wie wir uns einbilden, oben auf der Erde zu seyn, so bildet es sich der Antipode auch ein und glaubt uns unten. Vielleicht ist ihm ebenso bange um uns, als uns für ihn ist, und vielleicht kann er ebenso wenig begreifen, wie wir, die wir nach seiner Meinung die Füße in der Höhe und den Kopf unten haben, leben und gehen können, ohne starke Haken an den Schuhen zu haben. In der That, wenn sich Jemand an der Decke eines Zimmers mit den Füßen festhalten und den Kopf herabhängen wollte, müßten die Haken an

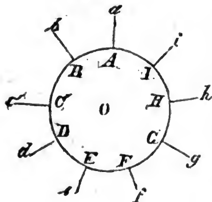
seinen Schuhen sehr stark seyn, und er würde trotzdem doch eine sehr traurige Figur vorstellen. Ich möchte nicht an seiner Stelle seyn, denn ich fürchtete zu sehr, den Hals zu brechen, oder wenigstens würde das Blut, das mir nach dem Kopf dringen würde, mir Uebelkeit machen. Weit lieber wollte ich mich in das Land unserer Antipoden begeben, da ich gewiß genug wäre, daß ich mich dort nicht schlimmer als hier befinden, und meine Zeit nicht so schlecht zubringen würde, als wenn ich mit den Füßen an einer Decke angebunden seyn sollte. Inzwischen bin ich schon zu alt zu einer solchen Reise, die wenigstens 2700 deutsche Meilen betragen würde. Aber wohin würde denn nun wohl der arme Antipode, für den man so in Sorge ist, fallen, wenn sich dieser Fall ereignete? Ohne Zweifel wird man antworten: nach unten; aber dieses nach unten würde eine Richtung seyn, die sich von der Erde entfernte, und der Antipode wäre sehr zu beklagen, weil er keinen Ort mehr finden würde, wo er seine Füße hinsetzte, und vielleicht ewig fort fallen müßte. Diese Furcht ist aber ungegründet, und man hat noch nie gehört, daß unsere Antipoden einen so schrecklichen Fall gethan und sich dabei immer mehr von der Erde entfernt hätten. Im Gegentheil, wenn sie fallen, fallen sie wie wir der Erde zu, und bilden sich doch ein, nach unten zu fallen. Es ist also eine bloße Täuschung, wenn man glaubt, unsere Antipoden haben die Füße oben und den Kopf unten, und man sie sich gleichsam verkehrt vorstellt. Diese Täuschung rührt blos von einem falschen Begriff her, den wir mit den Worten oben und unten verknüpfen. Allenthalben wo wir uns auf der Erde befinden, ist unten da, wohin die Körper fallen; und oben ist das entgegengesetzte. So habe ich schon in meinem vorhergehenden Briefe die Bedeutung dieser Wörter bestimmt, und ich glaube, daß dieser Begriff genauer entwickelt und erläutert zu werden verdient, um auf alle die Einwürfe antworten zu können, welche man gegen die Antipoden gemacht hat, obgleich ich nicht glaube, daß Ew. H. sehr in Sorge um sie gewesen seyn werden. Den 28. August 1760.

Neunundvierzigster Brief.

Von der wahren Richtung und der Wirkung der Schwere in Beziehung auf die Erde.

Obgleich die Oberfläche der Erde durch die auf ihr befindlichen Berge und Thäler uneben gemacht wird, ist sie doch überall durchaus eben, wo Meer ist, weil die Oberfläche des Wassers immer horizontal ist, und die Vertikallinie, nach der die Körper fallen, auf ihr perpendikular steht. Wenn also die ganze Erde mit Wasser bedeckt wäre, so würde auf jedem beliebigen Punkte der Erde die Vertikallinie der Oberfläche des Wassers perpendikular seyn.

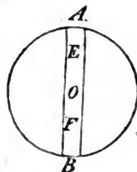
Fig. 30.



Wenn demnach ABCDEFGHI die Erde vorstellt, so wird, da ihre Oberfläche allenthalben horizontal ist, an dem Punkte A die Linie aA vertikal seyn, wie in dem Punkte B die Linie bB, in C die Linie cC, in D die Linie dD, u. s. f. Nun bestimmt an jedem Orte die Vertikallinie die Punkte, welche oben und unten heißen; für diejenigen also, welche in A sind, würde der Punkt A unten und a oben seyn; für die in F, würde f oben und F unten seyn; und so an allen übrigen Orten der Erde. Alle diese Vertikallinien aA, bB, cC, dD, 2c. heißen auch die Richtungen der Schwere, weil allenthalben die Körper nach diesen zu Boden fallen, so daß ein Körper, der in g losgelassen wird, in der Linie gG zu Boden fallen würde, woraus ersichtlich ist, daß überall die Körper gegen die Erde, und zwar perpendikular zu der Oberfläche der Erde oder des Wassers fallen, wenn solches vorhanden wäre. Folglich wird auch an jedem beliebigen Punkt der Erde, weil die Körper gegen die Erde fallen, das, was man unten nennt, die Richtung gegen die Erde seyn; und das oben, was sich von der Erde entfernt; und überall werden also die Menschen, weil sie die Füße an der Erde haben, auch mit den Füßen unten und mit dem Kopfe oben seyn. Man sieht demnach, daß unsere Antipoden sich in derselben Lage befinden wie wir, und daß wir sehr Unrecht hätten, wenn wir ihnen zum Vorwurfe machen würden, daß sie den Kopf unten und die Füße in der Höhe haben, denn überall ist die Richtung gegen die Erde zu unten, und die entgegengesetzte oben. Wenn die Erde eine vollkommen

Kugel wäre, so würden alle Vertikallinien aA, bB, cC, wenn sie nach innen verlängert würden, in dem Mittelpunkte der Kugel O zusammentreffen, der der Mittelpunkt der Erde heißt; und aus diesem Grunde sagt man, die Körper haben überall eine Neigung, sich dem Mittelpunkte der Erde zu nähern; wenn man daher an jedem beliebigen Orte der Erde fragt, was unten ist, so wird man die Antwort bekommen: das, was gegen den Mittelpunkt der Erde geht. In der That, wenn man an irgend einem beliebigen Orte ein Loch in die Erde grübe und damit ohne Ende fortführe, würde man endlich an den Mittelpunkt der Erde kommen. Ew. H. werden sich erinnern, daß Herr v. Voltaire oft über dieses Loch gespottet hat, das Maupertuis bis in den Mittelpunkt der Erde gegraben wissen wollte. Freilich könnte ein solches Loch niemals gegraben werden, weil man 860 deutsche Meilen tief graben müßte; inzwischen darf man es doch annehmen, um zu untersuchen, was alsdann erfolgen würde.

Fig. 31.



Wir wollen also den Fall setzen, das in A gegrabene Loch gehe über den Mittelpunkt der Erde O hinaus durch die ganze Dicke der Erde bis zu unsern Antipoden in B fort und wir steigen durch dieses Loch hinab. Ehe wir in den Mittelpunkt O kämen, z. B. wenn wir in E wären, würde der Mittelpunkt der Erde unten und der Punkt A oben zu seyn scheinen; und wir würden nach O fallen, wenn wir uns nicht festhielten. Sobald wir aber über das Centrum O hinaus wären, z. B. in F, so würde unsere Schwere gegen O gerichtet seyn, und dieser Punkt O, und also noch weit mehr A würde uns unten erscheinen, und B oben. Also würden die Wörter oben und unten auf einmal ihre Bedeutung verändern, wenn wir auch in eben derselben Linie von A nach B bleiben. So lange wir von A nach O gehen, steigen wir herab; sobald wir aber von O nach B gehen, steigen wir faktisch in die Höhe, weil wir uns von dem Mittelpunkte entfernen und unsere Schwere immer gegen diesen Mittelpunkt gerichtet ist, so daß, wenn wir in E oder in F anfiengen zu fallen, wir allemal gegen den Mittelpunkt der Erde fallen würden. Unser Antipode in B, der durch das Loch von B nach A kommen wollte, befände sich gerade in demselben Falle. Von B bis zum Mittelpunkte O müßte er hinunter-,

aber von O bis A hinaufsteigen. Diese Betrachtungen führen uns darauf, von der Schwere der Körper den Begriff festzustellen: die Schwere ist eine Kraft, durch die alle Körper gegen den Mittelpunkt der Erde getrieben werden. Derselbe Körper, welcher, so lange er in A ist, durch seine Schwere in der Richtung AO getrieben wird, wird durch eben diese Schwere, sobald man ihn nach B bringt, in der Richtung BO getrieben, die der erstern gerade entgegengesetzt ist. Allenthalben also richtet sich die Bedeutung dieser Ausdrücke, oben und unten, herauf- und hinabsteigen, nach der Richtung der Schwere, weil die Schwere der Körper einen sehr wesentlichen Einfluß auf alle unsere Unternehmungen hat, und selbst unsere eigenen Körper von derselben beseelt werden, so daß wir überall ihre Wirkungen verspüren.

Den 29 August 1760.

Fünfzigster Brief.

Von der verschiedenen Wirkung der Schwere, hauptsächlich in Beziehung auf die verschiedenen Gegenden und Entfernungen vom Mittelpunkt der Erde.

Ew. H. sind jetzt über einen wichtigen Punkt, der die Wirkung der Schwere betrifft, belehrt; daß nämlich alle Körper auf der Erde durch ihre Schwere gegen den Mittelpunkt der Erde oder perpendikulär auf die Oberfläche derselben getrieben werden, was man die Richtung der Schwerkraft nennt. Man hat Grund, die Schwere der Körper eine Kraft zu nennen, weil alles, was einen Körper in Bewegung zu setzen vermag, Kraft genannt wird. So schreibt man den Pferden eine Kraft zu, weil sie einen Wagen ziehen können; ebenso der Strömung eines Flusses oder dem Winde, weil durch sie Mühlen in Bewegung gesetzt werden. Es ist also kein Zweifel, daß auch die Schwere eine Kraft ist, da sie den Fall der Körper verursacht; auch verspüren wir die Wirkung dieser Kraft durch den Druck, den wir fühlen, wenn wir eine Last tragen. Bei jeder Kraft aber sind zwei Sachen zu betrachten; erstlich die Richtung, in der sie wirkt oder die Körper forttreibt, und dann die wahre Größe der Kraft selbst. Hinsichtlich der Schwere ist uns ihre Richtung bereits genau bekannt, weil wir wissen, daß die Körper durch sie stets gegen den Mittelpunkt der Erde oder perpendikular auf ihre Oberfläche getrieben werden. Es bleibt daher nur noch die

Größe dieser Kraft, welche die Körper schwerer macht, zu betrachten übrig. Diese Größe aber richtet sich stets nach dem Gewicht der Körper; und wie es einen großen Unterschied unter dem Gewicht der Körper gibt, so werden auch die schwereren mit weit größerer Gewalt gegen die Erde getrieben; das Gewicht eines jeden Körpers ist also immer genau das Maaß der Kraft, mit der er nach der Erde getrieben wird, d. h. seine Schwere. Nun fragt man, ob derselbe Körper, wenn man ihn an verschiedene Orte der Erde bringt, immer einerlei Gewicht behält? Ich rede hier von Körpern, die nichts durch Verdampfung oder Ausdünstung verlieren. Durch gewissenhafte zuverlässige Experimente hat man sich überzeugt, daß derselbe Körper, wenn er gegen den Aequator gebracht wird, etwas weniges leichter wird, als er um die Pole herum ist. Ew. H. sehen leicht ein, daß man diesen Unterschied auch durch die allergenaueste Wage nicht entdecken kann, denn die Gewichte, mit denen man die Körper wägt, sind ja derselben Veränderung unterworfen. So würde ein Gewicht, das hier 100 Pfund wöge, auch unter dem Aequator noch 100 Pfund heißen; aber seine Neigung zu fallen, würde geringer seyn als bei uns. Man hat diese Veränderung durch die Wirkung der Schwerkraft selbst, nämlich durch den Fall, erkannt und beobachtet, daß ein solcher Körper unter dem Aequator etwas langsamer fällt als bei uns. Es ist also gewiß, daß derselbe Körper, wenn er an verschiedene Orte der Erde gebracht wird, eine kleine Veränderung in seinem Gewicht leidet. Steigen wir nun in das Loch, das wir queer durch die Erde in ihrem Mittelpunkt gemacht haben, so ist klar, daß ein Körper, der in den Mittelpunkt selbst gebracht wird, hier seine ganze Schwere oder sein Gewicht verlieren muß; da er gar keine Neigung sich zu bewegen mehr haben würde, während doch sonst überall sein Streben nach dem Erdmittelpunkte gerichtet ist. Weil daher ein Körper im Mittelpunkte der Erde gar kein Gewicht mehr hat, muß auch sein Gewicht in demselben Verhältniß abnehmen als er sich diesem Mittelpunkt nähert; woraus man schließt, daß ein Körper, der in das Innere der Erde eindringt, um so mehr von seinem Gewichte verliert, je mehr er sich dem Mittelpunkte nähert. Ew. H. sehen, daß die Schwere nicht so nothwendig mit dem Wesen der Körper verbunden ist als es auf den ersten Anblick scheint, indem nicht nur ihre Größe, sondern auch ihre Richtung wechseln

und die letztere selbst eine entgegengesetzte werden kann, wenn sie zu den Antipoden übergeht.

Nachdem wir in Gedanken die Reise in den Mittelpunkt der Erde gemacht haben, wollen wir wieder auf ihre Oberfläche zurückkehren, und nun auch auf die höchsten Berge steigen. Hier werden wir aber keine merkliche Veränderung der Schwere finden, obgleich Gründe genug zur Annahme vorliegen, daß sich das Gewicht eines Körpers in dem Verhältniß vermindern müsse, in welchem er sich von der Erde entfernt. In der That darf man sich nur vergegenwärtigen, ein Körper entferne sich immer weiter von der Erde und gelange z. B. bis zur Sonne oder auch zu einem Firstern; da wäre es denn lächerlich sich einzubilden, der Körper würde alsdann noch auf die Erde zurückfallen, da die ganze Erde gegen die ungeheure Größe der Himmels-Körper nichts ist. Daraus folgt denn, daß ein Körper, wenn er sich von der Erde entfernt, immer mehr von seiner Schwere verliert, bis sie endlich ganz aufhört. Inzwischen hat man Grund zur Ueberzeugung, daß ein Körper, wenn er bis zur Weite des Mondes von der Erde entfernt würde, doch noch einiges Gewicht, aber ein 3600mal kleineres als auf der Erde haben würde. Gesetzt, ein Körper wöge auf der Erde 3600 Pfund, so wäre gewiß kein Mensch im Stande, ihn zu halten. Aber man bringe ihn zur Entfernung des Mondes, und ich verpflichte mich, ihn alsdann an einem Finger zu halten; denn er wiegt alsdann nicht mehr als 1 Pfund; und noch weiter von der Erde hinweg würde er noch weniger wiegen. Wir sehen also nun ein, daß die Schwere eine Kraft ist, die alle Körper gegen den Mittelpunkt der Erde treibt; daß diese Kraft auf der Oberfläche der Erde am stärksten wirkt und sich vermindert, wenn man sich von dieser Oberfläche entfernt, gleichviel ob man gegen den Mittelpunkt der Erde vordringt oder in die Höhe steigt. Ich habe Ew. H. noch Manches über diesen Gegenstand zu sagen.

Den 30 Aug. 1760.

Einundfünfzigster Brief.

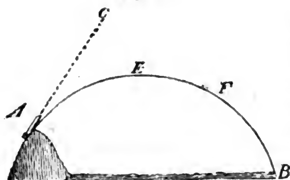
Von der Schwere des Mondes.

Ew. H. haben gesehen, daß wenn ein Körper bis zur Höhe des Mondes von der Erde entfernt wird, er nicht mehr als den

3600sten Theil seines Gewichts hätte; oder daß er mit einer 3600mal kleineren Kraft gegen den Mittelpunkt der Erde getrieben würde, als hier unten. Dennoch würde diese Kraft hinreichen um seinen Fall zur Erde zu verursachen, wenn ihn nichts unterstützte. Davon könnte man sich freilich durch keine Versuche überzeugen, denn wir sind zu sehr an die Erde gebunden, um uns so hoch über sie erheben zu können; aber es gibt trotzdem einen Körper in dieser Höhe, den Mond. Dieser sollte also zunächst die Wirkung der Schwere verspüren, und doch sehen wir nicht, daß der Mond auf die Erde fällt. Darauf antworte ich: Wenn der Mond in Ruhe wäre, würde er ganz gewiß fallen; weil er aber in eine äußerst schnelle Bewegung versetzt ist, so liegt darin gerade die Ursache, die ihn am Falle verhindert. Von der Richtigkeit dieser Antwort überzeugen uns gewisse Versuche, die man hier unten auf Erden machen kann. Ein Stein, den man aus der Hand fallen läßt, ohne ihm eine Bewegung zu geben, fällt unmittelbar und zwar in einer geraden Linie, nämlich der Vertikallinie, zu Boden; wirft man aber diesen Stein fort und gibt ihm eine Seiten-Bewegung, so fällt er nicht gerade zu Boden, sondern bewegt sich erst durch eine krumme Linie, ehe er den Boden erreicht; und dieß dauert um so länger, je größere Geschwindigkeit man ihm mitgetheilt hat. Eine Kanonenkugel, die nach einer horizontalen Richtung abgeschossen wird, kommt erst in einer großen Entfernung auf die Erde, und schöße man sie auf einem hohen Berge los, so würde sie vielleicht einige Meilen weit fliegen, ehe sie auf die Erde käme. Richtet man die Kanone noch höher und verstärkt die Kraft des Pulvers, so wird die Kugel noch viel weiter getrieben. Man könnte das so weit fortsetzen, daß die Kugel erst bei unsern Antipoden niederfiele; und wenn man es noch weiter triebe, so würde die Kugel gar nicht niederfallen, sondern an den Ort, wo sie abgeschossen wurde, zurückkehren, und also eine neue Reise um die Welt machen; sie wäre alsdann eine Art kleiner Mond, der sich ganz wie der wahre um die Erde bewegte. Wenn nun Ew. H. die große Höhe, in welcher sich der Mond befindet, und die erstaunliche Geschwindigkeit in Betracht ziehen, mit der er fortgetrieben wird: so werden Sie sich nicht mehr darüber wundern, daß der Mond nicht zur Erde fällt, obgleich er von der Schwere gegen den Mittelpunkt der Erde getrieben wird. Eine andere Betrachtung wird das noch klarer machen. Wir

dürfen nur den Weg betrachten, den ein schief geworfener Stein oder eine Kanonenkugel beschreiben; dieser Weg ist allemal eine krumme Linie, wie sie in Figur 32. sich darstellt.

Fig. 32.



A sey die Spitze eines Gebirges, wo die Kanonenkugel abgeschossen wurde, die erst den Weg AB durchläuft, und dann in B zur Erde fällt; dieser Weg ist eine krumme Linie. Hiebei bemerke ich zunächst das: wenn die Kugel nicht schwer wäre, d. h. wenn sie nicht gegen die Erde getrieben würde, könnte sie niemals fallen, auch nicht, wenn man sie ganz frei losließe; denn die Schwere ist die einzige Ursache ihres Falls. Sie würde also noch weit weniger zur Erde fallen müssen, wenn sie in A, so wie es die Figur vorstellt, abgeschossen würde. Folglich ist es die Schwere, welche die Kanonenkugel endlich zur Erde fallen und die krumme Linie AEFB beschreiben läßt. Ist also die Schwere die Ursache, warum der Weg der Kanonenkugel krumm ist, so folgt, daß er nicht krumm seyn würde, wenn die Kugel nicht schwer wäre. Aber jede nicht krumme Linie ist gerade; sie würde also ohne die Schwere, welche die Kugel gegen die Erde treibt, beständig in der durch Punkte angegebenen geraden Linie AC, in der sie abgeschossen worden ist, fortgehen. Dieß vorausgesetzt, wollen wir nun den Mond betrachten, der sich gewiß in keiner geraden Linie bewegt; denn da er beinahe immer in gleicher Ferne von uns bleibt, muß sein Weg nothwendig krumm und ungefähr einem Kreise gleich seyn, den man in der Entfernung des Mondes rings um die Erde beschriebe. Nun fragt man mit Recht: warum der Mond sich nicht in einer geraden Linie bewege? und die Antwort wird nicht schwer seyn. Denn wenn wir sahen, daß bei einem geworfenen Steine oder einer abgeschossenen Kanonenkugel die Schwere die Krümmung des Weges veranlaßt hat: so ist es eine gegründete Behauptung, daß die Schwere auch auf den Mond einwirkt und ihn gegen die Erde treibt, und daß dieselbe Schwere die Krümmung der Mondsbahn verursache. Der Mond ist also schwer und hat ein gewisses Gewicht, durch welches er gegen die Erde getrieben wird, welches freilich 3600mal kleiner ist, als wenn der Mond auf der Ober-

fläche der Erde wäre. Dieß ist aber nicht blos eine ziemlich wahrscheinliche Vermuthung, sondern man kann sogar sagen, es ist eine erwiesene Wahrheit; denn wenn man diese Schwere annimmt, läßt sich nach den ausgemachtesten Grundsätzen der Mathematik die Bewegung daraus bestimmen, die der Mond haben müßte; und diese Bewegung stimmt vollkommen überein mit der wirklichen des Mondes, was der sicherste Beweis dafür ist.

Den 1. September 1760.

Zweiundfünfzigster Brief.

Von der Entdeckung der allgemeinen Schwerkraft durch den großen Newton.

Die Schwere ist demnach eine Eigenschaft aller irdischen Körper und selbst derer des Mondes. Durch die Schwere wird der Mond gegen die Erde getrieben und seine Bewegung so geregelt, wie die Schwere auch die Bewegung einer Kanonenkugel oder eines mit der Hand geworfenen Steins bestimmt. Diese wichtige Entdeckung haben wir dem berühmten Newton zu danken. Dieser große englische Philosoph und Mathematiker lag einst in einem Garten unter einem Apfelbaume, als ein Apfel, der ihm auf den Kopf fiel, ihn zu verschiedenen Reflexionen veranlaßte. Er wußte sehr wohl, daß seine Schwere den Apfel hatte fallen lassen, nachdem ihn der Wind oder eine andere Ursache von seinem Aste abgerissen hatte. Diese Ansicht erschien ganz natürlich und jeder Bauer hätte vielleicht dieselbe Betrachtung angestellt; aber der englische Weltweise gieng weiter. Der Baum, sagte er, muß sehr hoch gewesen seyn; und das brachte ihn auf die Frage: ob wohl der Apfel auch gefallen seyn würde, wenn der Baum noch weit höher gewesen wäre, woran er natürlich nicht zweifeln konnte.

Wenn aber der Baum so hoch gewesen wäre, daß er bis an den Mond gereicht hätte? Hier wurde er verlegen, zu entscheiden, ob der Apfel noch gefallen wäre oder nicht. Wenn er fiel (was ihm sehr wahrscheinlich erschien, weil man in der Höhe des Baumes sich keine gewisse bestimmte Grenze denken kann, wo der Apfel aufhören sollte zu fallen) — in diesem Falle müßte der Apfel doch noch einige Schwere haben, die ihn gegen die Erde triebe; also müßte auch der Mond, der sich mit dem Apfel an einerlei Orte befände, mit eben der Gewalt wie der Apfel gegen die Erde getrieben werden. Da ihm aber der Mond nicht auf den Kopf fiel, so sah er ein, daß dieß nur

von der Bewegung des Mondes herrühren könne, wie eine Bombe über uns wegfliegen kann, ohne senkrecht herunter zu fallen. Diese Vergleichung der Bewegung des Mondes mit der einer Bombe bestimmte ihn, die Sache genauer zu untersuchen, und mittelst der höheren Geometrie fand er, daß der Mond in seiner Bewegung ganz denselben Gesetzen folgt, die man bei der Bewegung einer Bombe wahrnimmt; so daß, wenn es möglich wäre, eine Bombe in die Höhe des Mondes und mit derselben Geschwindigkeit zu werfen, diese dieselbe Bewegung wie der Mond haben würde. Er fand blos den Unterschied, daß die Schwere der Bombe in dieser Entfernung von der Erde weit geringer seyn würde als hier unten. — Ew. H. werden aus dieser Erzählung sehen, daß der Anfang der Schlüsse unsers Philosophen sehr leicht war, und sich vielleicht von des Bauers Schlüssen gar nicht unterschied; aber die Folge erhob sich unendlich weit über das Verständniß eines Bauers. Es ist also eine sehr merkwürdige Eigenschaft der Erde, daß allen Körpern, die sich nicht nur auf ihr, sondern auch in sehr großen Entfernungen von ihr befinden, selbst bis zu der Entfernung des Mondes, eine Kraft innewohnt, welche sie nach dem Mittelpunkte der Erde treibt; und diese Kraft ist die Schwere, die in demselben Verhältniß abnimmt, in welchem sich die Körper von der Oberfläche der Erde entfernen. Auch dabei blieb der englische Philosoph noch nicht stehen; da er wußte, daß die Planetenkörper unserer Erde vollkommen ähnlich sind, schloß er, daß die Körper in der Umgebung eines jeden Planeten ebenfalls schwer seyen, und daß die Richtung dieser Schwere gegen den Mittelpunkt jedes Planeten gehe. Diese Schwere mag dort vielleicht größer oder kleiner seyn als auf der Erde, so daß ein Körper, der bei uns ein gewisses Gewicht hat, wenn man ihn auf die Oberfläche eines Planeten brächte, ein größeres oder kleineres bekommen würde. Jene Kraft der Schwere jedes Planeten erstreckt sich daher auch auf sehr weite Entfernungen um ihn herum; und da wir sehen, daß Jupiter vier und Saturn fünf Trabanten[1] hat, die sich um sie herumbewegen: so kann man nicht zweifeln, daß die Bewegung der Jupiters-Trabanten durch ihre Schwere gegen den Mittelpunkt des Jupiter, und die der Saturns-Trabanten durch ihre Schwere gegen den Mittelpunkt des Saturn geregelt

[1] Seit Euler's Zeit hat man noch zwei neue Trabanten Saturn's entdeckt.

werde. Auf dieselbe Weise, wie sich der Mond um die Erde und die Trabanten um den Jupiter oder den Saturn drehen, bewegen sich die Planeten selbst um die Sonne; woraus Newton den bekannten Schluß gezogen hat, daß die Sonne ebenfalls eine Eigenschaft der Schwere habe, und daß alle Körper, die sich in der Umgebung der Sonne befinden, gegen die Sonne mit einer Kraft getrieben werden, die man die Sonnenschwere nennen könnte. Diese Kraft wirkt sehr weit um die Sonne her und weit über alle Planeten hinaus, indem eben durch die Kraft dieser Schwere ihr Bewegung bestimmt wird. Derselbe Philosoph hat durch seinen Scharfsinn auch das Mittel gefunden, die Bewegung der Körper zu bestimmen, wenn man die Kraft kennt, welche sie nach einem gewissen Mittelpunkte treibt; da er also die Kräfte entdeckt hatte, mit welchen alle Planeten gegen ihren Mittelpunkt getrieben werden, war er auch im Stande, eine genaue Schilderung ihrer Bewegung zu geben. In der That war man vor diesem Philosophen noch in einer tiefen Unwissenheit hinsichtlich der Bewegung der Himmelskörper; und nur ihm verdankt man die wichtigen Aufklärungen, die uns jetzt in der Astronomie zu Theil geworden sind. Ew. H. werden sich über die großen Fortschritte wundern, welche alle Wissenschaften aus einem anscheinend so unbedeutenden und einfachen Anfang gemacht haben. Hätte sich Newton nicht in seinem Garten unter einen Apfelbaum gelegt, und wäre ihm nicht von ungefähr ein Apfel auf den Kopf gefallen, so wären wir vielleicht noch über die Bewegung der Himmelskörper und tausend andere Erscheinungen, die davon abhängen, in der früheren Unwissenheit. Dieser Gegenstand verdient also die volle Aufmerksamkeit Ewr. H., und ich schmeichle mir, Sie auch mit der Fortsetzung desselben unterhalten zu dürfen.

Den 3. September 1760.

Dreiundfünfzigster Brief.

Fortsetzung über die gegenseitige Anziehung der Himmelskörper.

Ew. H. sehen wohl ein, daß das Newton'sche System großes Aufsehen gemacht haben muß, und mit Recht, weil Niemand bis dahin eine so glückliche Entdeckung gemacht, die so viel Licht über alle Wissenschaften zugleich ausgebreitet hätte. Dieses System ist unter verschiedenen Namen bekannt, die man sich merken muß, da

man ihrer oft in Gesprächen erwähnen hört. Man nennt es das System der allgemeinen Gravitation, weil Newton nicht blos der Erde, sondern allen Himmelskörpern die Eigenschaft zuschrieb, daß alle Körper mit einer der Schwere ähnlichen Kraft gegen sie getrieben würden; von dem Wort gravitas, Schwere, ist das Wort Gravitation abgeleitet. Diese Kraft ist übrigens ganz unsichtbar, und wir sehen nichts, das auf die Körper wirkte und sie gegen die Erde, geschweige denn gegen die Himmelskörper triebe. Wir bemerken eine beinahe ähnliche Erscheinung beim Magnet, gegen den Eisen und Stahl getrieben werden, ohne daß wir die Ursache sehen, die sie hintreibt; obgleich man jetzt gewiß weiß, daß dieß durch eine äußerst feine Materie geschieht, die durch die Poren des Magnets und des Eisens hindurchdringt, kann man doch sagen, der Magnet ziehe das Eisen an, und das Eisen werde von ihm angezogen, wenn man nur durch diesen Ausdruck nicht die wahre Ursache leugnet. Auf eben dieselbe Art wird man auch sagen können, die Erde ziehe alle Körper ihrer Umgebung, sogar auf sehr große Entfernungen an, und man wird die Schwere der Körper als die Wirkung der Anziehungskraft der Erde ansehen können, die sogar auf den Mond wirkt. Außerdem besitzen auch die Sonne und alle Planeten eine ähnliche Anziehungskraft, durch welche alle Körper zu ihnen hingezogen werden. Nach dieser Ausdrucksweise sagt man, die Sonne ziehe die Planeten und Jupiter und Saturn ihre Trabanten an. Deßhalb heißt das Newton'sche System auch das System der Attraction. Da ohne Zweifel die Körper in der nächsten Umgebung des Mondes auch gegen ihn durch eine der Schwere ähnliche Kraft getrieben werden, so wird man ebenfalls sagen können, der Mond ziehe nahegelegene Körper an; und vielleicht erstreckt sich diese Anziehungskraft des Mondes selbst bis auf die Erde, obgleich sie dann freilich sehr schwach ist, wie wir gesehen haben, daß die Wirkung der Attractionskraft der Erde auf den Mond um ein Namhaftes schwächer wird. Dieß hat nun der genannte Naturforscher außer Zweifel gesetzt, indem er nachwies, daß Ebbe und Fluth, worauf ich später zurückkommen werde, durch die Attraction verursacht werden, welche der Mond auf das Meerwasser ausübt. Man kann also auch nicht mehr zweifeln, daß die Planeten Jupiter und Saturn gegenseitig von ihren Trabanten angezogen werden, und daß die Sonne auch eine Attraction durch die Pla-

neten erleide, wiewohl diese Kraft sehr klein seyn muß. Dieß hat das System der allgemeinen Attraction in's Leben gerufen, worin man mit Recht behauptet, daß die Sonne nicht blos die Planeten anziehe, sondern auch wieder von jedem Planeten angezogen werde, und daß die Planeten selbst auf einander diese Anziehungskraft ausüben. Die Erde wird nicht nur von der Sonne, sondern auch von allen übrigen Planeten angezogen, obgleich die Anziehungs-Kraft dieser Planeten im Vergleich zu der der Sonne beinahe unmerklich ist. Ew. H. werden leicht begreifen, daß die Bewegung eines Planeten, der nicht nur von der Sonne, sondern auch einigermaßen von den andern Planeten angezogen wird, etwas von derjenigen verschieden seyn muß, die er hätte, wenn er von der Sonne allein angezogen würde, und daß also die Anziehungskräfte der übrigen Planeten eine kleine Störung veranlassen müssen. Alle diese Störungen finden sich auch durch die Erfahrung bestätigt, und dieß hat eben das System der allgemeinen Anziehungskraft auf den hohen Grad von Zuverlässigkeit gebracht, so daß kein vernünftiger Mensch mehr an seiner Wahrheit zweifeln kann. Ich muß noch bemerken, daß auch die Kometen diesem Gesetze unterworfen sind, und zwar daß sie insbesondre von der Sonne angezogen werden, deren Anziehungskraft ihre Bewegung regelt, daß sie aber auch von allen Planeten eine Attraction erleiden, besonders wenn sie nicht zu weit von ihnen entfernt sind, denn es ist eine allgemeine Regel, wie wir noch später sehen werden, daß die Anziehungskraft aller Himmelskörper in der Entfernung sich vermindert, und in der Nähe sich vermehrt. Aber auch die Kometen selbst besitzen eine Kraft der Attraction, mittelst welcher sie die andern Körper anziehen, und zwar um so merklicher, je mehr sie sich ihnen nähern. Wenn also ein Komet nahe bei einem Planeten vorüberläuft, kann seine Anziehungskraft die Bewegung dieses letztern stören, wie die Bewegung des Kometen durch die Attraction des Planeten einigermaßen beeinträchtigt wird. Diese Schlüsse hat man alle durch Beobachtungen bestätigt, und man kann schon durch mehrfache Beispiele beweisen, daß die Bewegung eines Kometen durch die Attraction der Planeten, in deren Nachbarschaft er passirte, und umgekehrt wieder daß die Bewegung der Erde und der übrigen Planeten durch die Anziehungskraft der Kometen gestört worden sind. Die Fixsterne müssen, als der Sonne ähnliche Körper, ebenfalls eine

Anziehungskraft besitzen, von welcher wir aber wegen ihrer ungeheuren Entfernung keine Wirkung verspüren. Den 5. Sept. 1760.

Vierundfünfzigster Brief.

Von den verschiedenen Ansichten der Naturforscher über die allgemeine Gravitation, und von der Ansicht der Attractionnisten insbesondre.

Es ist also eine festbegründete Thatsache, daß unter allen Himmelskörpern eine allgemeine Gravitation herrscht, durch die sie gegen einander getrieben werden, und daß diese Kraft desto größer ist, je näher die Körper einander sind. Dieses Factum kann nicht geleugnet werden, aber man streitet noch darüber, ob man es eine Impulsion oder eine Attraction nennen soll, d. h. ob es durch einen Stoß oder durch ein wirkliches Anziehen geschehe, obwohl der Name nichts an der Sache selbst ändert. Ew. H. wissen, daß die Wirkung dieselbe ist, ob ein Wagen von hinten geschoben oder von vorne gezogen wird; ebenso bekümmert sich der Astronom, der blos auf die Wirkungen dieser Kraft achtet, nicht darum, ob die Himmelskörper gegen einander geschoben oder von einander angezogen werden, wie der, welcher nur die Phänomene untersucht, nicht darnach fragt, ob die Erde die Körper anzieht, oder ob die Körper von einer unsichtbaren Ursache zu ihr hingeschoben werden. Wenn man aber in die Geheimnisse der Natur eindringen will, ist es von sehr großer Wichtigkeit, zu wissen, ob die Himmelskörper durch Stoß oder durch Anziehung auf einander wirken, ob irgend eine feine unsichtbare Materie auf die Körper wirke, und sie gegen einander treibe, oder ob die Körper irgend eine verborgene oder geheime innere Kraft besitzen, durch die sie sich gegenseitig anziehen. Die Naturforscher sind hierüber sehr getheilter Ansicht; die, welche Bewegung durch Stoß annehmen, nennen sich Impulsionnairs, die Anhänger der Anziehungskraft Attractionnisten. Newton war sehr für die Theorie der Attraction, und noch heut zu Tage sind die Engländer eifrige Attractionnisten, obgleich sie zugestehen, daß die Erde weder durch Seile noch durch andere zum Ziehen dienende Maschinen die Körper an sich ziehen und dadurch die Schwere verursachen könne. Noch weniger finden sie etwas zwischen der Sonne und der Erde, von dem sich annehmen ließe, die Sonne bediene sich seiner, um die

Erde anzuziehen. Sähe man einen Wagen hinter den Pferden her folgen, ohne daß diese angespannt wären, und bemerkte weder Seile noch irgend etwas, was zwischen dem Wagen und den Pferden eine Verbindung herstellte, so würde man weit eher glauben, der Wagen würde von irgend einer, wenn auch unsichtbaren Kraft fortgeschoben, wenn hier nicht gar Zauberei in's Spiel käme. Dennoch lassen die Engländer doch nicht von ihrer Ansicht ab, sondern behaupten sogar, es sey eine allen Körpern zukommende Eigenschaft sich gegenseitig anzuziehen, diese Eigenschaft seye ihnen ebenso wesentlich als die Ausdehnung, und es habe der Wille des Schöpfers genügt, den Körpern diese wechselsweise Anziehungskraft zu geben; und damit ist die ganze Frage gelöst. Gäbe es nur zwei Körper in der Welt, wenn auch noch so weit von einander entfernt, so würde von Anbeginn ein Streben und eine gegenseitige Anziehung zwischen Beiden existirt haben, durch welche sie sich bald genähert und sogar mit einander vereinigt haben würden. Daraus folgt, daß je größer ein Körper, desto größer die Kraft ist, mit der er andere Körper anzieht; denn da diese Eigenschaft in der Materie wesentlich liegt, wird ein Körper, je mehr Materie er enthält, desto mehr Kraft ausüben, andere Körper anzuziehen. Weil demnach die Sonne alle Planeten bei Weitem an Größe übertrifft, ist auch ihre natürliche Anziehungskraft weit größer als die der Planeten. Sie bemerken auch, daß der Jupiterskörper, weil er größer ist als die Erde, auch eine weit stärkere Anziehungskraft auf seine Trabanten ausübe, als die Erde auf den Mond. Dieser Ansicht zufolge ist die Schwere der irdischen Körper das Resultat all der Attractionen, womit diese Körper von allen Theilen der Erde angezogen werden; und enthielte die Erde mehr Materie, als sie wirklich hat, so würde auch ihre Attraction größer, und das Gewicht oder die Schwere der Körper vermehrt werden. Wenn dagegen die Erde einen Theil ihrer Materie verlöre, würde ihre Anziehungskraft kleiner und alle Körper leichter werden. Man wirft diesen Philosophen vor, daß nach ihrer Theorie zwei Körper, welche man z. B. auf einen Tisch setzte, sich wechselsweise anziehen und sich also einander nähern müßten; sie geben diesen Schluß zu, sagen aber, die Anziehungskraft würde in diesem Falle zu klein seyn, um eine sichtbare Wirkung auszuüben [1], denn wenn die ganze Masse der Erde durch ihre

[1] Was uns diese Wirkung minder bemerkbar macht, ist vornehm-

Anziehungskraft in jedem Körper nur dessen Gewicht hervorbringt, wird auch ein Körper, der mehrere Millionen mal kleiner ist als die ganze Erde, auch eine um so vielmal kleinere Wirkung hervorbringen. Nun wird man leicht zugeben, daß, wenn das Gewicht eines Körpers um mehrere Millionen mal verringert würde, die Wirkung sich ganz verlieren müßte; woraus folgt, daß, wenn die Körper, oder wenigstens einer von ihnen, nicht außerordentlich groß wären, ihre Anziehungskraft nicht fühlbar seyn könnte. Von dieser Seite also gewinnt man gegen die Attractionnisten nicht viel; sie stützen sich dazu noch auf eine Beobachtung, welche die Pariser Akademiker in Amerika gemacht haben, daß in unmittelbarer Nähe eines sehr großen, hohen Bergs die benachbarten Körper eine kleine Attraction vom Bergkörper erlitten. Man braucht also nicht zu fürchten, daß man auf falsche Schlüsse geführt werde, wenn man sich zu dem System der Attractionnisten bekennt, sondern man darf vielmehr schon im Voraus an seine Wahrheit glauben.

Den 7. Sept. 1760.

Fünfundfünfzigster Brief.

Von der Kraft, mit welcher alle Himmelskörper sich gegenseitig anziehen.

Ew. H. kennen die Eigenschaft des Magnets, das Eisen anzuziehen, da wir sehen, daß kleine Stückchen Eisen oder Stahl, z. B. Nadeln, die man in die Nähe des Magnets bringt, mit um so größerer Gewalt gegen den Magnet gezogen werden, je näher sie sind. Weil man nichts gewahr wird, was sie gegen den Magnet triebe, sagt man, der Magnet ziehe sie an, und die Wirkung selbst heißt Attraction. Man könnte indessen nicht zweifeln, daß es eine sehr feine, wenn auch unsichtbare Materie gebe, die diese Wirkung hervorbringt, und wirklich das Eisen gegen den Magnet treibt: weil aber die Sprache sich blos nach dem sinnlichen Schein richtet, so ist man bei dem Ausdrucke geblieben: der Magnet ziehe das Eisen an sich, und es finde eine Attraction statt. Obgleich diese Erscheinung nur dem Mag-

lich die Reibung, welche zwei Körper zu überwinden haben würden, wenn sie sich gegenseitig nähern wollten. Beseitigt man die Reibung oder vermindert man sie wenigstens hinlänglich, so wird alsbald die Anziehungskraft der beiden Körper fühlbar werden, wie der Versuch von Cavendish gezeigt hat.

net und dem Eisen eigen ist, eignet sie sich doch ganz zur Erklärung des Wortes Attraction, dessen sich die neueren Philosophen so häufig bedienen. Sie sagen also, alle Körper überhaupt besitzen eine Eigenschaft, welche der des Magnets ähnlich ist, und alle Körper in der Welt ziehen einander wechselseitig an, allein diese Wirkung werde nur merklich, wenn die Körper außerordentlich groß seyen, und verschwinde bei kleinen beinahe ganz. Ein Stein z. B., mag er auch noch so groß seyn, äußert gegen andere Körper, die man ihm nahe bringt, keine Attraction, weil seine Kraft zu klein ist, um die Attraction bemerkbar zu machen; würde der Stein aber um einige tausend Male vergrößert, so würde sich auch an ihm die Anziehungskraft bemerkbar machen. Ich habe Ew. H. bereits darauf aufmerksam gemacht, daß man in der That beobachtet haben will, wie ein großer Berg in Amerika eine kleine Attraction hervorgebracht habe. Ein größerer Berg würde also eine augenfälligere, und ein noch größerer Körper, wie z. B. die ganze Erde, eine um so größere Attraction hervorbringen. Diese Kraft nun, womit die ganze Erde alle Körper an sich zieht, ist gerade die Schwere, durch welche wir alle Körper wirklich gegen die Erde getrieben werden sehen. Nach diesem System also ist die Schwere, die alle Körper nach unten fallen läßt, lediglich nur die Wirkung der Anziehungs-Kraft der ganzen Erde. Wäre der Körper der Erde größer oder kleiner, so würde auch die Schwere der Körper ebenfalls größer oder geringer seyn. Man sieht zugleich hieraus, daß alle andere große Körper des Weltraumes, wie z. B. die Sonne, die Planeten und der Mond, eine ähnliche, aber größere oder kleinere Anziehungskraft haben, je nachdem sie selbst größer oder kleiner sind. Da die Sonne einige tausend mal größer ist als die Erde, so übertrifft auch ihre Anziehungs-Kraft die Kraft der Erde um eben so vielmal. Man schätzt den Körper des Mondes um vierzigmal kleiner als die Erde, woraus wieder folgt, daß auch seine Anziehungs-Kraft vierzigmal kleiner ist; und so ist es auch mit allen übrigen Himmels-Körpern.

Den 9. Sept. 1760.

Sechsundfünfzigster Brief.

Ueber denselben Gegenstand.

Vermöge des Systems der Attraction oder der allgemeinen Schwere zieht jeder Himmels-Körper alle übrigen an sich, und wird von ihnen wiederum angezogen. Um also die Kraft zu bemessen, mit welcher diese Körper einander anziehen, dürfen wir nur zwei Körper betrachten, die sich wechselsweise anziehen. Man muß zunächst auf dreierlei Acht haben: 1) auf den anziehenden, 2) auf den angezogenen Körper und 3) auf die Entfernung beider von einander; denn von diesen drei Punkten hängt die Stärke der Anziehungskraft ab.

Fig. 31.



A sey der anziehende und B der angezogene Körper, und beide seyen kugelförmig, weil diese die ungefähre Gestalt der Himmels-Körper ist. Ihre Entfernung wird nach der ihrer Mittelpunkte, d. h., nach der geraden Linie AB berechnet. Zum ersten Punkte nun, welcher die Größe des anziehenden Körpers A betrifft, muß man bemerken: daß je größer dieser Körper ist, desto größer auch die Kraft seyn wird, mit welcher er den Körper B anzieht. Wäre also der anziehende Körper A zweimal größer, so würde der Körper B mit einer doppelten Gewalt; wäre er dreimal größer, so würde er mit dreifacher Gewalt angezogen werden, und so fort, vorausgesetzt daß die Entfernung ihrer Mittelpunkte immer dieselbe bliebe. Würde demnach die Erde mehr oder weniger Materie enthalten, als wirklich bei ihr der Fall ist, so würden alle Körper von ihr mit um so größerer oder geringerer Gewalt angezogen werden, oder vielmehr ihr Gewicht um so viel größer oder geringer seyn. Und da die ganze Erde von der Sonne angezogen wird, so würde, wenn die Sonne größer oder kleiner wäre, die Erde von ihr um so stärker oder schwächer angezogen werden. — Was den angezogenen Körper B betrifft, so ist zu bemerken, daß (wenn der anziehende Körper A und die Entfernung AB dieselben bleiben,) je größer oder kleiner der Körper B ist, desto größer oder geringer auch die Gewalt seyn muß, durch welche er zu dem Körper A hingezogen wird. Wenn also der Körper B zweimal größer ist, so wird er mit doppelter Gewalt, — wenn er dreimal größer ist, mit dreifacher Gewalt nach A hingezogen werden, und so fort. Um dieß noch deutlicher zu machen, brauchen wir nur die Erde an die Stelle des an-

ziehenden Körpers A zu setzen, und die Kraft, mit welcher der Körper B angezogen wird, ist nichts anderes als das Gewicht des Körpers B; nun wissen wir aber, daß, je größer oder kleiner dieser Körper B, desto größer oder kleiner auch sein Gewicht ist, woraus wir ersehen, daß so lange der anziehende Körper A und die Entfernung dieselben bleiben, auch die Kraft, womit der Körper B angezogen wird, genau der Größe dieses Körpers entspricht. Diesen Umstand auszudrücken, bedient man sich in der Mathematik des Worts proportional, und sagt: die Kraft, mit welcher der Körper B nach dem Körper A hingezogen wird, sey der Masse von B proportional. Dieß soll bedeuten, daß wenn die Masse des Körpers B zwei-, drei-, viermal größer wäre, auch die Anziehungskraft gerade um ebensoviel mal größer seyn würde. So sagt man beim ersten Punkte, wo der anziehende Körper A in Betracht kommt, auf gleiche Weise: die Kraft, womit der Körper B nach A gezogen wird, sey der Masse des Körpers A proportional, wenn der Körper B und die Entfernung AB unverändert bleiben. Ich muß noch bemerken, daß wenn man hier von der Größe des anziehenden Körpers A oder des angezogenen Körpers B redet, hierunter die Menge der Materie, welche beide enthalten, und nicht bloß ihre Ausdehnung zu verstehen ist. Ew. H. werden sich erinnern, daß die Körper in dieser Beziehung bedeutend verschieden sind, und es Körper gibt, die in einem kleinen Raume sehr viel Materie enthalten, wie z. B. das Gold, während andere, z. B. die Luft, in einem größern Raume sehr wenig Materie enthalten. Wenn man also hier von den Körpern redet, so muß man sie immer nach der Menge ihrer Materie, welche man auch ihre Masse nennt, beurtheilen. — Es bleibt mir nun noch der dritte Punkt zu untersuchen, nämlich die Entfernung AB der beiden Körper, vorausgesetzt, daß sie dieselben bleiben. In dieser Beziehung muß man bemerken, daß, wenn die Entfernung AB sich vergrößert, die Anziehungskraft sich vermindert, und die Anziehungskraft sich vermehrt, wenn umgekehrt die Entfernung sich vermindert; aber nach einer Regel, die sich nicht leicht ausdrücken läßt. Wenn die Entfernung zweimal größer wird, so ist die Kraft, mit welcher der Körper B gegen den Körper A gezogen wird, 2mal2 oder viermal kleiner; für eine 3mal größere Entfernung wird die Attraction 3mal3, d. h. neunmal kleiner. Wird die Entfernung 4mal größer, so wird

die anziehende Kraft 4mal4, d. h. sechszehnmal kleiner, u. s. w., so daß in einer 100mal größern Entfernung die Stärke der Attraktion 100mal100 oder 10,000mal kleiner seyn wird. Daraus geht hervor, daß in sehr großen Entfernungen die Anziehungskraft endlich ganz unmerklich werden muß. Umgekehrt aber kann die Attraction, wenn die Entfernung AB sehr klein ist, beträchtlich seyn, obwohl die Körper ziemlich klein sind. Den 11. Sept. 1760.

Siebenundfünfzigster Brief.

Fortsetzung.

Ich habe gezeigt, daß wenn ein Körper B von einem andern Körper A angezogen wird, die Anziehungskraft einmal der Masse des anziehenden Körpers A und zum andern der Masse des angezogenen B proportional ist; aber die Stärke dieser Anziehungskraft hängt dermaßen von der Entfernung der Körper ab, daß wenn die Entfernung 2= oder 3= oder 4= oder 5mal größer wäre, die Anziehungskraft 4= oder 9= oder 16= oder 25mal kleiner seyn würde. Um hierüber eine Art Regel aufzustellen, muß man die Zahl, welche anzeigt, um wie vielmal die Entfernung sich vermehrt, durch sich selbst multipliciren, und das Produkt wird zeigen, um wie vielmal die Attraction kleiner geworden ist. Um diese Regel in ihr volles Licht zu setzen, muß man bemerken, daß, wenn man eine Zahl durch sich selbst multiplicirt, man das daraus entstehende Produkt ein Quadrat nennt; um also die Quadrate zu finden, darf man nur die Zahlen durch sich selbst folgendermaßen multipliciren:

	1	2	4	5	6	7	8	9	10	11	12
mult. durch	1	2	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Quadrat:	1	4	16	25	36	49	64	81	100	121	144

Aus dem letzten Beispiel geht hervor, daß das Quadrat der Zahl 12 die Summe von 144 beträgt; will man das Quadrat irgend einer andern Zahl wissen, z. B. von 258, so muß man diese Zahl durch sich selbst multipliciren:

```
  258
  258
 ----
 2064
1290
516
-----
66564
```

Das Quadrat von 258 ist also 66,564. Auf dieselbe Weise verfährt man mit allen andern Zahlen.

Weil man demnach die Entfernung der Körper durch sich selbst multipliciren muß, ist klar, daß die Attractionskraft sich um eben so vielmal vermindert, als das Quadrat der Entfernung sich vermehrt, oder daß das Quadrat der Entfernung um so vielmal größer, als die Anziehungskraft kleiner wird. Wenn die Mathematiker derartige Gegenstände abhandeln, bedienen sie sich, um sich verständlich zu machen, gewisser Ausdrücke, die man erklären muß, weil man sich ihrer auch zuweilen in der Unterhaltung bedient. Wenn die Kraft der Attraction im Verhältniß zum Quadrat der Entfernung zunähme, würde man sagen: sie sey dem Quadrat der Entfernung proportional; weil jedoch gerade das Gegentheil stattfindet, und so daß die Kraft der Attraction abnimmt, während das Quadrat der Entfernung sich vermehrt, so bezeichnet man diesen Unterschied durch den Ausdruck: die Anziehungskraft stehe zu dem Quadrat der Entfernung in umgekehrtem Verhältniß. Dieß ist ein geometrischer Ausdruck, dessen Sinn Ew. H. nun vollkommen begreifen werden, da er mit dem Obenerklärten ganz gleichbedeutend ist. Um also die Kraft zu beurtheilen, womit ein Körper gegen einen andern hingezogen wird, braucht man sich nur zu merken, daß diese Kraft erstlich im Verhältniß zur Masse sowohl des angezogenen als des anziehenden Körpers, und dann in umgekehrtem zum Quadrat der Entfernung steht. Daraus ist sogleich klar: daß, obgleich die Erde und die Planeten von den Fixsternen angezogen werden, doch diese Kraft, ihrer ungeheuren Entfernung wegen, schlechthin unmerklich werden muß. In der That würde, wenn man die Masse eines Fixsternes der der Sonne gleich annimmt, die Erde bei gleicher Entfernung vom Fixsterne mit derselben Gewalt angezogen werden, wie von der Sonne. Weil aber die Entfernung des Fixsterns 400,000mal größer ist als die der Sonne, und das Quadrat dieser Zahl 160,000,000,000 beträgt, so ist die Kraft, womit die Erde von diesem Fixstern angezogen wird, hundertundsechszigtausend Millionen mal kleiner, als die, mit welcher die Erde von der Sonne angezogen wird; was eine viel zu geringe Attraction wäre, um die geringste merkliche Wirkung hervorzubringen. Aus diesem Grunde verändert auch die Anziehungskraft der Fixsterne nicht das Mindeste in der Bewegung der Erde, der Planeten und des Mondes; sondern die Anzie-

hungskraft der Sonne regelt hauptsächlich die Bewegung der Planeten, weil die Masse der Sonne um viele tausend Male die Masse der einzelnen Planeten übertrifft. Wenn aber zwei Planeten sich nähern, so daß ihre Entfernung kleiner wird als die von der Sonne, wird ihre Anziehungskraft vermehrt, und könnte selbst merklich genug werden, um ihre Bewegung zu stören. Man wird auch in der That diese Störung gewahr, was der stärkste Beweis für das System der Attraction oder der allgemeinen Gravitation ist; ebenso auch, wenn ein Komet sich einem Planeten sehr nähert, so kann er die Bewegung desselben sehr merklich verändern [1].

Den 13. Sept 1760.

Achtundfünfzigster Brief.

Von der Bewegung der Himmelskörper und der Art, sie durch die Gesetze der allgemeinen Gravitation zu bestimmen.

Aus dem, was ich oben von der Kraft gesagt habe, womit alle Himmelskörper im Verhältniß ihrer Größe oder Masse und ihrer Entfernung zu einander hingezogen werden, können Ew. H. leicht einsehen, wie man die Bewegung derselben bestimmen kann, um jeder Zeit den wahren Ort zu finden, wo jeder Körper stehen muß. Darin besteht eben die Wissenschaft der Astronomie, welche von einer genauen Kenntniß der Bewegung aller Himmelskörper abhängt, um im Stande zu seyn, jeden Augenblick — sowohl der Vergangenheit als der Zukunft — den Ort zu bestimmen, wo jeder Himmelskörper sich befinden muß; und an welcher Stelle des Himmels er erscheint, wenn er von der Erde oder jedem beliebigen Orte des Weltraumes aus gesehen wird. Die Wissenschaft nun, welche von der Bewegung überhaupt handelt, heißt Mechanik oder Dynamik, und hat den Zweck, die Bewegungen der verschiedenen Körper zu bestimmen, wenn sie durch irgend eine Kraft fortgetrieben werden. Diese Wissenschaft bildet einen Haupttheil in der Mathematik, und die Männer, welche sich mit ihr beschäftigen, geben sich alle Mühe, die Mathematik auf die höchste Stufe von Vervollkommnung zu erheben. Ihre Untersuchungen sind indessen so tief, daß man sich noch nicht rühmen kann, darin weit gediehen zu seyn, sondern vielmehr sich mit einem

[1] Diese Veränderung oder Störung ist übrigens wegen der geringen Dichte der Kometenmasse unmerklich; diese ist ja bekanntlich so dünn, daß man durch ihren Kern hindurch die Sterne sehen kann.

langsamen allmähligen Fortschreiten begnügen muß. Erst seit zehn oder zwanzig Jahren hat man darin bedeutendere Fortschritte gemacht, und die Pariser Akademie der Wissenschaften schreibt alljährlich vorzugsweise über derartige Gegenstände Preisfragen aus, auf deren glückliche Lösung ziemlich namhafte Prämien gesetzt sind. Die größte Schwierigkeit liegt in der Mehrheit der Kräfte, durch welche jeder Himmelskörper nach den übrigen hingetrieben oder hingezogen wird. Würde jeder Himmelskörper nur von einem einzigen anderen angezogen, so hätte die Sache gar keine Schwierigkeiten; der große englische Mathematiker Newton (gestorben 1728) hat zuerst auf gelungene Weise die Bewegung zweier Körper, welche sich gegenseitig anziehen, nach dem Gesetze bestimmt, womit ich Ew. H. schon früher bekannt machte. Nach diesem Gesetze wäre die Bewegung der Erde vollkommen bekannt, wenn ihr Körper nur von der Sonne allein angezogen würde, und man brauchte gar keine weitere Untersuchung mehr anzustellen. Der gleiche Fall würde auch bei den andern Planeten: Saturn, Jupiter, Mars, Venus und Merkur eintreten, wenn ihre Körper nur von der Sonne allein angezogen würden. Weil nun aber die Erde nicht allein von der Sonne, sondern auch von allen übrigen Himmelskörpern angezogen wird, wird die Frage unendlich verwickelter und schwieriger wegen der Mehrheit der Kräfte, welche auf die Erde einwirken. Glücklicherweise braucht man aber die Kraft, mit welcher sie von den Fixsternen angezogen wird, nicht in Betracht zu ziehen, da die Fixsterne trotz ihrer Massenhaftigkeit so außerordentlich weit von uns entfernt sind, daß in dieser Beziehung die Kräfte, welche sie auf die Erde ausüben, zu klein sind, um hier in Betracht zu kommen. Die Bewegung der Erde und der übrigen Planeten wird daher immer ebenso vollkommen dieselbe seyn, als wenn die Fixsterne gar nicht vorhanden wären. Außer der Kraft der Sonne braucht man also nur noch die Kräfte in Betracht zu ziehen, womit die Planeten sich wechselsweise anziehen. Diese Kräfte aber sind ebenfalls ausnehmend klein im Verhältniß zu derjenigen Kraft, mit welcher jeder einzelne Planet von der Sonne angezogen wird, und zwar aus dem Grunde, weil die Masse des Sonnenkörpers diejenige der einzelnen Planetenkörper so unendlich weit übertrifft, daß in dieser Hinsicht aus ihr eine, im Vergleich zur Masse des Sonnenkörpers nur ganz geringe Kraft entstehen kann. Weil übrigens diese Kräfte sich in demselben Verhältniß vermehren, in welchem die Entfernungen sich ver-

mindern, so daß einer zweimal kleinern Entfernung eine viermal größere, und einer dreimal kleinern Entfernung eine neunmal größere Kraft entspricht und so fort nach dem Quadrat der Zahlen der Entfernungen (wie ich in meinem vorigen Briefe nachwies), — so könnten möglicherweise zwei Planeten einander so nahe kommen, daß ihre Anziehungskraft der der Sonne gleich würde oder diese sogar noch weit überträfe. Dieser Fall tritt indeß in unserer Welt niemals ein, und die Planeten bleiben immer so weit von einander entfernt, daß ihre Anziehungskraft stets unendlich geringer ist, als diejenige, womit sie von der Sonne angezogen werden. Man kann daher auch, wenn man keinen höhern wissenschaftlichen Standpunkt in dieser Hinsicht einnehmen will, jeden Planeten sich so denken, als ob er von der Sonne allein angezogen würde, wobei sich denn seine Bewegung leicht bestimmen läßt. Allein diesen Standpunkt darf man nur festhalten, wenn man sich mit einer bloß oberflächlichen Kenntniß der Bewegung der Planeten begnügt; denn sobald man sich gründlicher darüber belehren wollte, müßte man auch auf die kleinen Kräfte Rücksicht nehmen, mit welchen die Planeten auf einander einwirken und woraus in der That kleine Unregelmäßigkeiten und Abweichungen entstehen, welche die Astronomen bei ihren Beobachtungen gar wohl bemerken, und die Astronomen und Mechaniker geben sich alle Mühe und wenden all ihre Geschicklichkeit daran, um all diese Unregelmäßigkeiten in der Bewegung der Planeten selbst kennen zu lernen. Den 15. Sept. 1760.

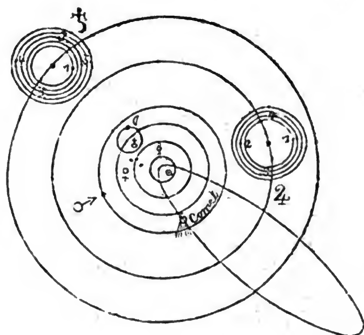
Neunundfünfzigster Brief.

Vom Weltsystem.

Um noch verständlicher zu machen, was ich oben von der Bewegung der Himmelskörper und von den Kräften, welche die Ursache davon sind, gesagt habe, wird es gut seyn, Ewr. H. das System der Welt oder eine Beschreibung der Himmelskörper vorzutragen, welche jenes bilden. Zunächst merke man sich, daß die Fixsterne Körper sind, welche der Sonne ganz gleich, selbstleuchtend, und sowohl von der Sonne als unter einander ungeheuer weit entfernt sind, und welche je einzeln ebenso groß seyn mögen als die Sonne. Ich habe Ewr. H. bereits bemerkt, daß derjenige Fixstern, welcher uns am nächsten steht, noch

400,000mal weiter von uns entfernt ist als die Sonne. Jeder Fixstern scheint dazu bestimmt, eine gewisse Anzahl von dunklen Körpern zu beleuchten und zu erwärmen, welche unserer Erde ähnlich und ebenfalls bewohnt sind, und in der Nähe jener Fixsterne sich befinden, von uns aber ihrer ungeheuren Entfernung wegen nicht gesehen werden können. Obwohl man sich nicht durch Beobachtungen davon überzeugen kann, so schließt man dieß doch aus ihrer Aehnlichkeit mit der Sonne, die zur Erleuchtung und Erwärmung unserer Erde und noch einiger anderer der Erde ähnlicher Körper dient, die man Planeten nennt. Man kennt vornehmlich sechs[1] solcher Körper, die von unserer Sonne Licht und Wärme empfangen. Diese Körper sind nicht in Ruhe, sondern bewegen sich um die Sonne herum in einem Wege, der beinahe ein vollkommener Kreis ist, und den man die Bahn des Planeten nennt. Die Sonne selbst ist, wie alle Fixsterne, beinahe ganz in Ruhe, und die Bewegung, die wir an ihnen sehen, ist nur eine scheinbare und durch die Bewegung der Erde verursacht. Ich habe deßhalb in der vorstehenden Figur das sogenannte Sonnensystem abgebildet, worunter man alle dunklen Körper begreift, die sich um die Sonne bewegen, und dieselben Vortheile von ihr genießen, wie wir. Der große Fleck, den ich mit dem Zeichen ⊙ in die Mitte der Figur gesetzt habe, bedeutet die Sonne in Ruhe; um sie her sind sechs Kreise, die die Bahnen oder die Wege vorstellen, in denen sich die Planeten um die Sonne drehen. Der Planet, welcher der Sonne am nächsten steht, ist der Merkur, und wird durch das Zeichen ☿ angedeutet. Der kleine Punkt, den man dabei sieht, stellt den Körper des Merkur selbst vor, der seinen Kreislauf um die Sonne in etwa 88 Tagen vollendet. Nach ihm kommt Venus, mit ♀

Fig. 31.



[1] Man vergleiche die Anmerkung 1. zu S. 3.

bezeichnet, die ihre Bahn um die Sonne in etwa 7 Monaten zurücklegt. Der dritte Kreis gehört unserer Erde, die das Zeichen ♁ hat, und ihren Umlauf um die Sonne in einem Jahre vollbringt. Ein Jahr ist nämlich nichts anderes als die Zeit, welche die Erde braucht, um ihren Kreislauf um die Sonne zu vollenden. Während sich aber die Erde um die Sonne dreht, bewegt sich ein anderer Körper um die Erde selbst, und folgt ihr immer auf ihrer Bahn; dieser Körper ist der Mond ☽, dessen Bahn in der Figur dargestellt ist. Die beiden ersten Planeten ☿ und ♀ werden von keinen sichtbaren Körpern begleitet, so wenig als Mars ♂, welcher der vierte Planet ist und seine Bahn um die Sonne ungefähr in zwei Jahren durchläuft. Der fünfte Kreis ist der des Jupiters ♃, der seinen Umlauf ungefähr in zwölf Jahren vollendet. Um ihn bewegen sich vier Trabanten, die in der Figur mit ihren Bahnen durch die Zahlen 1. 2. 3. 4. dargestellt sind. Der sechste und letzte Kreis endlich ist die Bahn des Saturn ♄, der beinahe dreißig Jahre zu seinem Umlauf um die Sonne braucht. So enthält also das Sonnensystem sechs Hauptplaneten, den Merkur ☿, die Venus ♀, die Erde ♁, den Mars ♂, den Jupiter ♃, und den Saturn ♄, und zehn Nebenplaneten, nämlich den Mond, vier Trabanten des Jupiter und fünfe des Saturn. Dieses System enthält noch überdieß viele Kometen, deren Anzahl nicht genau ermittelt ist. In der Figur wird einer dargestellt, dessen Bahn sich dadurch von der Bahn der Planeten unterscheidet, daß sie äußerst in die Länge gezogen ist, so daß ein Komet bald der Sonne bis zu uns nahe kommt, bald sich wieder so weit von ihr entfernt, daß er uns ganz unsichtbar wird. Unter den Kometen hat man Einen beobachtet, der seinen Umlauf in etwa 75 Jahren beendigt, und dies ist derselbe, den wir vergangenes Jahr (1759) gesehen haben. Von andern Kometen weiß man gewiß, daß sie mehrere Jahrhunderte zur Zurücklegung ihrer Bahnen brauchen, und da man in den vergangenen Jahrhunderten sie nicht genau beobachtet hat, weiß man über ihre Wiederkehr nichts Gewisses. Aus diesen Körpern also besteht unser Weltsystem, und sehr wahrscheinlich hat jeder Fixstern ein ähnliches. Den 17. Sept. 1760.

Sechszigster Brief.

Ueber denselben Gegenstand.

Außer dem schon oben vom Sonnensystem Gesagten, muß ich Ewr. H. noch einige Beobachtungen mittheilen, welche zur Erklärung der Figuren dienen mögen. Zunächst muß bemerkt werden, daß die Linien, welche in der Figur den Weg bezeichnen, den jeder Planet kraft der ihm eigenen Bewegung durchwandert, in Wirklichkeit am Himmel nicht existiren, sondern daß der ganze Himmelsraum, in welchem sich die Himmelskörper bewegen, leer oder vielmehr mit einer feinen Materie, dem sogenannten Aether, angefüllt ist, die ich schon oben Ewr. H. ausführlicher geschildert habe. Ferner befinden sich die Bahnen der Planeten nicht alle auf derselben Ebene oder Fläche, wie sie die Figur darstellt; sondern man muß sich, wenn man sich unter dem Papiere die Erdbahn mit der Sonne vorstellt, zugleich die Bahnen der übrigen Planeten als theilweise über, theilweise unter dem Papier liegend denken, so daß die Bahn eines jeden Planeten schief auf dem Papiere liegt und dasselbe unter einem gewissen Winkel durchschneidet, welchen man aber in einer auf Papier gezeichneten Figur unmöglich darstellen kann.

Außerdem sind die Planetenbahnen keine Kreise, wie sie die Figur anzugeben scheint, sondern vielmehr von etwas länglichter Gestalt, und zwar der eine mehr, der andre weniger oval; keiner aber unterscheidet sich wesentlich von einem Kreise. Die Bahn der Venus ist beinahe ein vollkommener Kreis, die Bahnen der andern Planeten sind aber mehr oder minder oval, so daß die Planeten der Sonne bald näher, bald ferner stehen. Die Kometenbahnen unterscheiden sich von ihnen dadurch, daß sie äußerst oval oder länglicht sind, wie ich es in der Figur bezeichnet habe. Die Bahnen des Mondes und der Trabanten des Saturn und des Jupiter sind auch beinahe kreisförmig. Diese letztern darf man sich nicht immer an demselben Orte vorstellen, wo sie auf dem Papiere gezeichnet sind, denn sie bleiben nicht an dem gleichen Orte stehen, sondern werden selbst zugleich mit dem Hauptplaneten, zu dem sie gehören, um die Sonne herum geführt. So muß man die in der Figur dargestellten Linien verstehen. Die Einbildungskraft muß das ergänzen, was auf dem Papiere nicht vorgestellt werden konnte. Ew. H. werden hieraus leicht begreifen, was Fontenelle in seinem Buche von der

Mehrheit der Welten hat sagen wollen. Man nennt nämlich zuweilen die ganze Erde mit all ihren Bewohnern die Welt, und in dieser Hinsicht verdient jeder Planet oder Trabant mit gleichem Rechte diesen Namen, weil er wahrscheinlich ebenso gut Bewohner hat als die Erde. Es gäbe also sechszehn Welten in unserem Sonnensystem allein. Da ferner jeder Firstern eine Sonne ist, um welche eine gewisse Anzahl von Planeten und gewiß auch von Nebenplaneten sich bewegen, haben wir beinahe eine Unzahl solcher Welten wie unsere Erde, indem die Zahl der Sterne, die wir mit bloßen Augen sehen, weit über einige Tausende geht, und wir mittelst der Fernröhren noch eine unendlich größere Zahl entdecken. Will man unter dem Namen Welt die Sonne sammt den Planeten und Trabanten, die zu ihr gehören und von ihr erleuchtet und erwärmt werden, verstehen, so bekommt man ebenso viel Welten als Firsterne. Versteht man aber unter dem Worte Welt die Erde mit allen Himmelskörpern, oder den Inbegriff aller erschaffenen Wesen, so muß man inne werden, daß es nicht mehr als Eine Welt geben kann, zu der alles Vorhandene gehört. In diesem Sinne bedient man sich des Wortes Welt in der Philosophie, und vornehmlich in der Metaphysik, wo es ein Lehrsatz oder vielmehr eine Grundwahrheit ist, daß es nur eine einzige Welt gibt, die der Inbegriff aller erschaffenen vergangenen, gegenwärtigen und zukünftigen Wesen ist. Hätte Fontenelle in diesem Sinne die Mehrheit der Welten behaupten wollen, so wäre er gewiß im Irrthum gewesen.

Wenn sich inzwischen die Philosophen darüber streiten, ob diese Welt die beste sey oder nicht, so setzen sie nothwendig eine Mehrheit der Welten voraus, und Manche behaupten, die gegenwärtig und wirklich vorhandene Welt sey die Beste unter Allen, welche möglicher Weise hätten existiren können. Sie stellen sich Gott wie einen Baumeister vor, der bei Erschaffung der Welt mehrere verschiedene Plane vorgenommen, und unter diesen den besten oder den gewählt habe, in welchem alle Vollkommenheiten im höchsten Grade vereinigt waren, und den er denn auch vorzugsweise vor allen anderen ausgeführt hätte. Diese Meinung scheint durch die Geschichte der Schöpfung bestätigt zu werden, wo ausdrücklich gesagt wird, es sey Alles sehr gut gewesen. Die große Zahl von Uebeln aber, die man hienieden findet und die von der Bosheit der Menschen herrührt, veranlaßt hier einen sehr wichtigen Zweifel, den nämlich: ob es nicht möglich gewesen

wäre, eine Welt ohne solche Uebel zu erschaffen? Meiner Ansicht nach muß man aber zwischen Entwürfen zu einer Welt, die nur Körper, und einer andern, die auch denkende und freie Wesen enthält, unterscheiden. Im ersten Falle hätte die Wahl des Besten keine Schwierigkeit; im andern aber, wo freie und vernünftige Geschöpfe den vornehmsten Theil der Welt ausmachen, geht die Beurtheilung des Besten weit über unsern Verstand, und die Bosheit der freien Wesen selbst mag auf unbegreifliche Weise etwas zur Vollkommenheit der Welt beitragen.

Die Philosophen scheinen auf diesen wesentlichen Unterschied nicht genug Acht gehabt zu haben; ich selbst aber fühle nur zu gut mein Unvermögen, auf eine so gewichtige Frage einzugehen.

Den 19. Sept. 1760.

Einundsechszigster Brief.

Von den kleinen Unregelmäßigkeiten, welche man in den Bewegungen der Planeten beobachtet, und die von ihrer wechselsweisen Attraction herrühren.

Um die Bewegung der Körper zu bestimmen, aus welchen das Sonnensystem besteht, muß man die Hauptplaneten Merkur, Venus, Erde, Mars, Jupiter und Saturn, von ihren Trabanten, dem Monde, den vier Trabanten des Jupiter und den fünfen des Saturn unterscheiden. Ich habe bereits gesagt, diese sechs Planeten werden vornehmlich von der Sonne angezogen, oder die Kraft, mit der sie nach dieser hingetrieben werden, sey unverhältnißmäßig größer als die Kräfte, mit denen sie sich gegenseitig anziehen. Dieß rührt zunächst, von der ungeheuren Masse des Sonnenkörpers und davon her, daß die Planeten sich niemals einander so sehr nähern, daß ihre gegenseitige Anziehung im Vergleich zu der der Sonne erheblich werden könnte. Würden die Planeten blos von der Sonne angezogen, so wäre ihre Bewegung regelmäßig und leicht zu bestimmen; aber die kleinen Kräfte, mit welchen die Planeten auf einander einwirken, verursachen in ihrer Bewegung einige kleine Abweichungen, welche die Astronomen durch Beobachtungen zu entdecken, und die Mechaniker aus den Gesetzen der Natur zu erklären suchen. Es handelt sich hier immer um die wichtige Frage: Wie wird die Bewegung eines Körpers beschaffen seyn, wenn die Kräfte bekannt sind, die auf ihn

einwirken? Nun kennt man aber nach den oben erläuterten Grundsätzen die Kräfte, die auf jeden Planeten wirken. So wird z. B. die Bewegung der Erde einigermaßen gestört, 1) durch die Anziehung der Venus, die zuweilen der Erde sehr nahe kommt; 2) durch die Attraction des Jupiter, die seiner Größe wegen zuweilen beträchtlich wird, obgleich er immer sehr weit von uns entfernt ist. Die Masse des Mars ist, der Nähe ungeachtet in der er sich zuweilen befindet, zu klein, um eine merkliche Wirkung auszuüben, und Saturn, obgleich nach Jupiter der größte Planet, ist zu weit entfernt. Der Mond aber, so klein er ist, verursacht doch seiner Nähe wegen einige Störung. Der Komet vom vorigen Jahre war uns siebenmal näher als die Sonne, wenn ihre Entfernung am kleinsten ist; er wird also ziemlich wahrscheinlich die Bewegung der Erde gestört haben, besonders wenn seine Masse groß war, was wir nicht wissen. Wäre dieser Komet so groß wie die Erde, so hätte seine Wirkung sehr beträchtlich seyn müssen, aber seine scheinbare Kleinheit läßt mich vermuthen, daß sein Körper noch weit kleiner als die Erde ist, und also auch eine um so viel geringere Wirkung thun mußte. Zu der Zeit, da wir diesen Kometen sahen, war er noch sehr entfernt von uns, und in dem Zeitpunkt, wo er uns am nächsten kam, war er für uns unsichtbar, und nur unsere Antipoden hätten ihn deutlich sehen können. Was ich von den Störungen in der Bewegung der Erde gesagt habe, gilt auch von den übrigen Planeten nach Verhältniß ihrer Masse und ihrer Entfernung von den übrigen. Beim Mond und den übrigen Trabanten ist das Princip der Bewegung einigermaßen verschieden. Der Mond ist der Erde so nahe, daß die Attraction der Erde stärker auf ihn einwirkt, als die Attraction der Sonne, obgleich die Masse des Sonnenkörpers um mehrere tausend mal größer ist als die Masse der Erde. Daher kommt es, daß die Bewegung des Mondes der der Erde beständig entspricht, und der Mond gewissermaßen an die Erde gebunden ist, was ihn als den Trabanten derselben erscheinen läßt. Wäre der Mond in eine weit größere Entfernung von uns gesetzt worden, so daß die Attraction der Erde auf ihn kleiner gewesen wäre als die der Sonne, so würde der Mond ein Hauptplanet geworden seyn und sich um die Sonne bewegt haben. Nun ist aber der Mond der Erde 300mal näher, als der Sonne, und daraus sehr erklärlich, daß die Anziehungskraft der Erde die der Sonne übersteigen kann. Weil also der

Mond von zwei Hauptkräften angezogen wird, der Kraft der Sonne und der Kraft der Erde, so muß seine Bewegung offenbar weit schwieriger zu bestimmen seyn, als die Bewegung der Hauptplaneten, auf welche nur eine einzige Kraft, die der Sonne einwirkt, wenn man die oben erwähnten kleinen Unregelmäßigkeiten außer Acht läßt. In der That hat auch von jeher die Bewegung des Mondes den Astronomen viel zu schaffen gemacht, und sie haben es nicht dahin bringen können, für eine gegebene Zeit den Standpunkt des Mondes am Himmel ohne beträchtliche Irrthümer vorherzusagen. Ew. H. werden leicht einsehen, daß man, um eine Sonnen- oder Mondsfinsterniß vorauszusagen, den Stand des Mondes genau muß angeben können. Wenn man in früherer Zeit eine Mondsfinsterniß berechnen wollte, irrte man sich oft um eine Stunde und mehr, und die Finsterniß kam um eine Stunde oder noch mehr früher oder später, als man berechnet hatte. So viel Mühe sich nun auch die alten Astronomen gegeben haben, die Bewegung des Mondes zu ergründen, so sind sie doch immer noch sehr weit hinter der Wahrheit zurückgeblieben, und erst seit der große Newton die wahren Kräfte entdeckt hat, die auf den Mond wirken, ist man nach Ueberwindung all der Schwierigkeiten, die man in dieser Untersuchung gefunden hat, der Wahrheit endlich näher gekommen. Ich selbst habe viel Zeit darauf verwendet, und M e y e r in Göttingen, welcher den Weg verfolgte, den ich ihm eröffnet hatte, ist endlich zu einem Grade von Genauigkeit gelangt, den man beinahe nicht weiter treiben kann. Erst seit zehn Jahren etwa kann man sich rühmen, etwas Genaueres über die Bewegung des Mondes zu wissen, und seit dieser Zeit ist man im Stande, die Mondsfinsternisse so genau zu berechnen, daß man sich um keine Minute Zeit mehr irrt, während man früher oft um acht Minuten und noch mehr fehlte. Der Mechanik also verdankt man diese wichtige Entdeckung, die nicht bloß in der Astronomie, sondern auch in der Geographie und Schifffahrt die wesentlichsten Dienste leistet.

Den 23. September 1760.

Zweiundsechszigster Brief.

Von Ebbe und Fluth.

Die Anziehungs-Kraft der Himmels-Körper erstreckt sich nicht blos auf den ganzen Erdkörper, sondern auch auf alle Theile, aus denen er besteht. So werden alle Körper, die wir auf der Erdoberfläche erblicken, nicht blos von der Erde selbst angezogen, woraus ihre Schwere überhaupt und das Gewicht eines jeden insbesondere entspringt, sondern sie werden auch von der Sonne und den andern Himmels-Körpern mehr oder weniger, je nach der Größe und Entfernung dieser Körper, angezogen. Nun ist erstlich augenscheinlich, daß die Kraft, womit ein Körper, z. B. ein Stein, von der Erde angezogen wird, ungleich größer seyn muß als die, womit er von der Sonne, dem Mond und den übrigen Planeten angezogen wird, weil diese so weit von ihm entfernt sind. Ein solcher Körper auf der Erdoberfläche, welcher somit vom Mittelpunkte derselben um einen halben Erddurchmesser entfernt ist, ist sechszigmal weiter vom Monde entfernt; wenn also der Mond ebenso groß wäre als die Erde, so würde die Attraction dieses Körpers gegen den Mond 60mal-60 oder 3600mal kleiner seyn, als seine Attraction gegen die Erde, oder die Schwere des Körpers; es ist aber die Masse des Mondes ungefähr siebenzigmal kleiner als die der Erde; also wird die Anziehungs-Kraft des Mondes ungefähr 70mal3600, d. h. 252,000mal kleiner seyn als die Schwere des Körpers. Obwohl ferner die Sonne einige tausend mal größer ist als die Erde, ist jene doch 24,000mal weiter von uns entfernt, als der Mittelpunkt der Erde; und die Attraction der Sonne auf einen Stein muß daher im Verhältniß zu seiner Schwere unendlich klein seyn. Ew. H. sehen also daraus, daß die Schwere der irdischen Körper, die nichts anders als die Kraft ist, mit der sie von der Erde angezogen werden, durch die Anziehung der Himmels-Körper nicht wesentlich verändert werden kann. So klein aber auch die Attraction ist, so entsteht doch daraus ein Phänomen, das den Philosophen immer viel zu schaffen gemacht hat, nämlich die Ebbe und Fluth. Man spricht hievon so oft in der gewöhnlichen Unterhaltung, daß es fast nothwendig geworden ist, einen Begriff davon zu haben, und deßhalb will ich Ewr. H. sowohl eine ausführliche Beschreibung dieser Erscheinung selbst, als eine Erklärung der Ursachen geben, aus welchen sie entsteht. Ich fange also mit

der Beschreibung der Erscheinung an, die unter dem Namen der Ebbe und Fluth bekannt ist. Man weiß, daß der größte Theil der Erdoberfläche mit Wasser bedeckt ist, welches man das Meer oder den Ocean nennt. Diese große Ansammlung von Wasser ist von den Flüssen und Landseen sehr verschieden, welche je nach den verschiedenen Jahreszeiten bald mehr, bald weniger Wasser enthalten, während die Wassermenge beinahe immer dieselbe bleibt. Indeß bemerkt man doch, daß das Meer alltäglich wechselsweise und ziemlich regelmäßig zweimal steigt und fällt. Wenn z. B. jetzt das Meer in einem Hafen seine größte Höhe einnimmt, wird es bald zu sinken anfangen, und diese Abnahme dauert sechs Stunden fort, bis die Höhe ihren geringsten Grad erreicht. Hierauf beginnt das Meer sich wieder zu heben, und dieses Zunehmen währt ebenfalls sechs Stunden, binnen welcher Zeit das Meer wieder seine größte Höhe erreicht; von da fällt es von Neuem sechs Stunden lang und steigt wieder eben so lange, so daß binnen 24 Stunden das Meer zweimal gestiegen und zweimal gefallen und wechselsweise zur größten und zur kleinsten Höhe gelangt ist. Diese abwechselnde Vermehrung und Verminderung des Meerwassers nennt man die Ebbe und Fluth des Meeres; und insbesondere heißt Fluth die Zeit, in der das Wasser steigt, und Ebbe die Zeit, in der es fällt. Von diesem wechselsweisen Steigen und Fallen des Meerwassers werde ich nun Ew. H. unterhalten. Zuvörderst bemerkt man, daß der Unterschied zwischen Steigen und Fallen des Meeres mit dem Mond wechselt. Im Voll- und Neumonde steigt das Wasser mehr als in den Vierteln; und gegen die Zeit der Tag- und Nachtgleichen im März und September ist diese abwechselnde Bewegung des Meeres am stärksten. Ueberdieß bemerkt man noch einen großen Unterschied je nach der Lage der Küsten: an einigen Orten steigt die Fluth nicht über einige Fuß, während sie an andern hingegen bis zu 40 Fuß und drüber beträgt, wie z. B. im Hafen von Bristol in England, wo die Fluth diese bedeutende Höhe erreicht.

Noch muß man hinzufügen, daß diese Erscheinung besonders im Ocean wahrgenommen wird, wo das Wasser einen sehr großen Raum einnimmt, daß sie dagegen in kleinen oder rings umschlossenen Meeren, z. B. in der Ostsee und dem mittelländischen Meere, nicht beträchtlich ist. Die Zwischenzeit von der Ebbe bis zur folgenden Fluth beträgt auch nicht genau sechs Stunden,

sondern etwa 11 Minuten drüber, so daß diese Veränderungen den folgenden Tag nicht mehr auf dieselben Stunden fallen, sondern etwa um 3 Viertelstunden später; erst nach dreißig Tagen treffen sie wieder zu derselben Stunde ein; denn gerade soviel Zeit braucht der Mond zu seinem Umlaufe, d. h. von einem Neumonde zum andern. Den 26. September 1760.

Dreiundsechszigster Brief.

Von den verschiedenen Ansichten der Philosophen über Ebbe und Fluth des Meeres.

Wenn das Meerwasser an einem gewissen Orte steigt oder höher wird, darf man ja nicht glauben, das Wasser werde durch irgend eine in ihm vorgehende Veränderung aufgeschwellt, wie z. B. die Milch sich ausdehnt, wenn man sie in einem Gefässe an's Feuer setzt. Das Steigen des Meers rührt vielmehr von einem wirklichen Anwachsen des Wassers her, welches von andern Orten heranfließt. Es ist eine wahre Strömung, die man auf dem Meere deutlich unterscheidet, und die das Wasser den Orten zuführt, wo die Fluth eintritt. Um dieß besser zu begreifen, muß man erwägen, daß es in dem ungeheuren Raume des Oceans immer Orte gibt, wo das Wasser niedrig ist, wenn es an andern hoch steht, und gerade von jenen Orten her wird das Wasser diesen zugeführt. Wenn also das Wasser an einem Orte steigt, so findet stets eine Strömung im Meere statt, welche das Wasser von andern Orten, wo es zur selben Zeit fällt, herzuführt. Es ist also ein Irrthum, wenn man mit einigen Schriftstellern glaubt, die Wassermasse des Meeres vermehre sich während der Fluth, und vermindre sich während der Ebbe. Die Masse oder das Volumen des ganzen Meeres zusammen bleiben immer gleich; allein es herrscht in derselben eine Art Schwingung und Gegenschwingung, wodurch das Wasser wechselsweise von der einen Gegend zur andern geführt wird. Wenn das Wasser an der einen Stelle hoch ist, so gibt es gewiß auch Orte, wo es niedrig ist, so daß das Steigen an den Orten, wo das Wasser hoch ist, gerade der Abnahme an andern Stellen, wo es niedrig steht, gleich kommt. Das ist also eigentlich das Phänomen der Ebbe und Fluth, dessen Ursache die alten Philosophen vergebens zu ergründen versucht haben. Der große Aristoteles gerieth darüber so

in Erstaunen, als er mit Alexander dem Großen in Ostindien war, daß er dem zurücktretenden Meere bei der Ebbe nachfolgen wollte; aber die Rückkehr des Wassers in der Fluth überfiel ihn so schnell, daß er ertrank, und man nicht mehr erfahren konnte, was für Betrachtungen er bei diesem traurigen Versuche angestellt haben mag. Kepler, der sonst ein großer Astronom und eine Zierde Deutschlands war, glaubte, die Erde sey wie alle Himmels-Körper ein wirkliches, lebendiges Thier, und betrachtete die Ebbe und Fluth als die Wirkung seines Athemholens. Nach der Ansicht dieses Philosophen waren Menschen und Thiere nur Insekten oder Läuse, die sich auf der Haut dieses großen Thieres nährten. Ew. H. werden mich gerne der Mühe überheben, eine so seltsame Ansicht zu widerlegen. Descartes, der große französische Philosoph, welcher in die Philosophie mehr Licht zu bringen suchte, beobachtete zuerst, daß die Ebbe und Fluth sich hauptsächlich nach der Bewegung des Mondes richte, was offenbar schon eine sehr große Entdeckung war, obgleich schon die Alten etwas von der Beziehung zwischen diesen beiden Erscheinungen geahnt hatten. Denn wenn z. B. das hohe Meer oder die Fluth heute um Mittag eintritt, so wird um 6 Uhr 11 Minuten des Abends Ebbe seyn; 22 Minuten nach Mitternacht wird das Meer wieder steigen, und um 6 Uhr 33 Minuten am andern Morgen wieder fallen, und die folgende Fluth wird den folgenden Tag 3 Viertel nach 12 Uhr Mittags eintreten; so daß von einem Tage zum andern dieselbe Fluth um 3 Viertelstunden später fällt. Da nun derselbe Fall bei der Bewegung des Mondes eintritt, welcher jeden folgenden Tag 3 Viertelstunden später als am vorhergehenden aufgeht, so lag die Vermuthung nahe, daß Ebbe und Fluth dem Lauf des Mondes folgten. Wenn an einem Orte z. B. am Neumondstage die Fluth um 3 Uhr Nachmittags eintritt, so kann man sicher seyn, daß künftig allemal am Neumondstage die Fluth um 3 Uhr Nachmittags und jeden folgenden Tag um 3 Viertelstunden später eintreten wird. Ferner richtet sich nicht nur die Zeit, um welche je Ebbe und Fluth kommen, genau nach dem Monde, sondern auch die Größe der Fluth und Ebbe, welche wandelbar sind, stehen mit dem Mond in engem Zusammenhang. Allenthalben sind Ebbe und Fluth nach Neumond und Vollmond am größten, d. h. das Meer steigt in dieser Zeit mehr als zu jeder andern; und nach dem ersten und letzten Viertel ist die Wasserhöhe während der

Fluth am kleinsten. Diese Uebereinstimmung zwischen Ebbe und Fluth und der Bewegung des Mondes berechtigt offenbar hinreichend zu dem Schlusse, daß der hauptsächlichste Grund der Ebbe und Fluth im Monde zu suchen sey. Auch war Descartes der Ansicht, der Mond drücke, während er über uns hinziehe, auf die Atmosphäre oder die Luft, welche die Erde umgibt, die Luft aber drücke wieder auf das Wasser, und dieses müsse daher fallen. Fände dieß wirklich statt, so müßte das Wasser an den Orten fallen, über welchen der Mond steht, und 12 Stunden hernach bei der nächsten Ebbe und Fluth müßte derselbe Fall eintreten, was aber nicht geschieht. Ueberdieß ist der Mond zu weit von der Erde entfernt und die Atmosphäre zu niedrig, als daß der Mond sie erreichen könnte; und gesetzt auch, der Mond oder ein anderer großer Körper gienge durch unsere Atmosphäre, so würde sie doch davon nicht so stark gedrückt werden, und noch weniger das Meer diesen angeblichen Druck empfinden. Dieser Versuch Descartes', die Ebbe und Fluth zu erklären, mißlang ihm zwar, allein dadurch, daß er den Zusammenhang dieser Erscheinung mit der Bewegung des Mondes so treffend erklärte, hat er seine Nachfolger in den Stand gesetzt, ihre Einsichten hierein mit günstigerem Erfolge anzuwenden, und davon soll mein nächster Brief an Ew. H. handeln.

Den 30. September 1760.

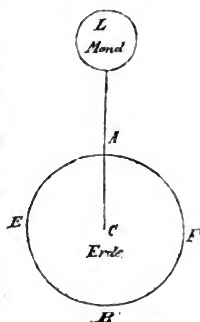
Vierundsechszigster Brief.

Ausführlichere Erklärung des Phänomens der Ebbe und Fluth durch die Anziehungskraft des Mondes.

Da der Versuch Descartes', die Ebbe und Fluth durch den Druck des Mondes auf die Atmosphäre zu erklären, nicht gelungen war, so war es vernünftiger, die Ursache derselben in der Attraction zu suchen, die der Mond auf die ganze Erde und also auch auf das Meer ausübt. Da die Anziehungskraft aller Himmels-Körper schon durch viele andere Erscheinungen hinlänglich bestätigt ist, wie ich Ew. H. bereits gezeigt habe, so darf man auch nicht mehr zweifeln, daß Ebbe und Fluth nur die Folge davon sind. In der That, sobald wir annehmen, daß der Mond wie die übrigen Himmels-Körper die Kraft habe, alle andern Körper nach dem Verhältniß ihrer Massen und dem umgekehrten Verhältnisse der Quadrate ihrer Entfernung an-

zu ziehen, so sieht man leicht ein, daß das Meer, als ein flüssiger Körper, gegen die Wirkung dieser Kraft nicht unempfindlich seyn könnte, und zwar um so mehr, als Ew. H. oft bemerkt haben werden, daß eine Flüssigkeit auch durch die geringste Kraft in Bewegung gesetzt werden kann. Es kommt nur darauf an, zu untersuchen, ob die Anziehungskraft des Mondes, wie wir sie voraussetzen, in der That im Stande ist, im Meere diejenige Bewegung hervorzubringen, die wir unter dem Namen der Ebbe und Fluth kennen.

Fig. 35.



Nebenstehende Figur soll die Erde und den Mond vorstellen; A ist der Ort, wo man den Mond über der Erde sieht, B der gerade entgegenstehende Ort, wo sich die Antipoden befinden, C soll den Mittelpunkt der Erde bezeichnen. Weil nun der Punkt A dem Monde näher ist als der Punkt B, so wird ein Körper in A stärker vom Monde angezogen als ein ähnlicher Körper in B; und stellen wir uns gar einen dritten ähnlichen Körper im Mittelpunkte der Erde C vor, so ist klar, daß der Körper A stärker als der Körper C, und der Körper B weniger als der Körper C von dem Monde angezogen werden wird, weil der Körper A dem Monde näher, und der Körper B weiter von ihm entfernt ist als der Körper C. Aehnliche Körper aber in E und F werden beinahe eben so stark vom Monde angezogen wie der im Mittelpunkte C, weil sie sich beinahe in derselben Entfernung vom Monde befinden, wie C. Wir sehen daraus, daß nicht alle Körper der Erde gleich stark vom Monde angezogen werden. Die Ungleichheit der Attraction hängt von der Ungleichheit ihrer Entfernung vom Mittelpunkt des Mondes L ab; so daß ein Körper auf der Erde um so stärker vom Monde angezogen wird, je näher, und um so weniger, je entfernter er ihm ist. Auf diese Ungleichheit der Kräfte, mit welchen die an verschiedenen Orten der Erde befindlichen Körper vom Monde angezogen werden, muß man hier hauptsächlich achten, denn wenn alle Körper gleich stark vom Monde angezogen würden, würden sie alle in gleicher Weise dieser Kraft gehorchen, und daher in ihrer Lage gegen einander keine Störung erleiden. Wenn

sich Ew. H. mehrere Wagen vorstellen, die mit vollkommen gleichen Kräften gezogen werden, so werden diese ihren Weg so verfolgen, daß sie stets unter sich dieselbe Ordnung und dieselben Entfernungen behalten; sobald aber einige Wagen rascher und andere langsamer fahren, wird die Ordnung gestört werden. Ganz dasselbe findet Statt bei den verschiedenen irdischen Körpern, die vom Monde angezogen werden. Würden alle diese Körper gleich stark angezogen, so würden sie alle ihre gegenseitige Lage behalten, und wir keine Störung an ihnen gewahr werden. Sobald aber die Kräfte, mit denen sie vom Monde angezogen werden, ungleich sind, werden ihre Ordnung und ihre gegenseitige Lage sich verändern, wofern nicht diese Körper durch Bande unter einander geknüpft sind, welche durch diese Kräfte nicht getrennt werden können, was bei flüssigen Körpern, z. B. dem Meere, nicht der Fall ist. Der Grund davon liegt darin, daß jeder flüssige Körper nothwendig die Eigenschaft hat, daß alle seine Theile sich leicht von einander trennen lassen, und jeder frei den Eindrücken folgen kann, die auf ihn einwirken. Es ist also klar: sobald die Kräfte, die auf die verschiedenen Theile des Meeres einwirken, nicht gleich sind, muß in seinem natürlichen Becken eine Aufregung und Störung entstehen. Nun hat man gesehen, daß die verschiedenen Theile des Meeres auf ungleiche Weise vom Monde angezogen werden, je nachdem sie von dem Mittelpunkte des Mondes ungleich entfernt sind; und daraus folgt: daß das Meer durch die Kraft des Mondes in Bewegung gesetzt werden muß und daß, weil der Mond seine Lage zur Erde beständig verändert, und seinen Umlauf um sie in etwa 24 und 3 Viertelstunden zurücklegt, das Meer nach einem Zwischenraume von 24 Stunden eben dieselben Veränderungen erleiden und dieselben Erscheinungen zeigen muß, d. h. daß Ebbe und Fluth jeden Tag um 3 Viertelstunden später fallen müssen, wie dieß die tägliche Erfahrung zeigt. Es gilt nun, zu zeigen, wie das abwechselnde Steigen und Fallen des Meeres, welche in einem Zwischenraume von 6 Stunden 11 Minuten auf einander folgen, aus der Ungleichheit der Kräfte des Mondes entsteht, und dieß werde ich in meinem nächsten Briefe untersuchen.

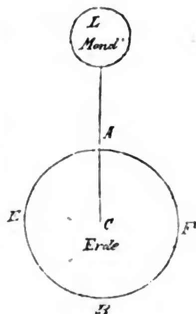
Den 4. October 1760.

Fünfundsechszigster Brief.

Fortsetzung.

Der Mond bringt, wie Ew. H. gesehen haben, nur in so fern Veränderung in dem Zustande der Erde hervor, als er auf ihre verschiedenen Theile ungleich einwirkt. Der Grund davon ist der, daß wenn alle Theile gleich stark von ihm angezogen würden, sich auch alle zugleich gegen ihn bewegen, und also in ihrer gegenseitigen Lage keine Veränderung vorgehen würde. Weil aber ein Körper in A dem Monde näher ist als der Mittelpunkt der Erde C, wird er auch stärker von ihm angezogen, und wird sich ihm also rascher nähern als ein Körper in C. Hieraus folgt nothwendig, daß der Körper A sich vom Mittelpunkte C gegen den Mond hin entfernt; gerade so wie wenn zwei Wagen in A und in C wären, und der Wagen in A mit größerer Gewalt gegen L gezogen würde als der in C, — der Wagen A sich vom Wagen C entfernen müßte. Daraus geht hervor: daß die Kraft des Mondes den Punkt A vom Mittelpunkte C zu entfernen strebt. Einen Körper aber vom Mittelpunkte der Erde entfernen, ist soviel als ihn heben; und da also hier vom Wasser die Rede ist, das in A seyn soll, so ist ausgemacht, daß die Kraft des Mondes das Wasser in A zu erheben strebt; und zwar mit einer Kraft, die dem Ueberschusse gleich ist, um welchen der Punkt A stärker vom Monde angezogen wird als vom Mittelpunkte C. Durch diese Kraft also hebt der Mond die Gewässer, welche gerade unter ihm auf der Erde stehen. Nun wollen wir auch den Körper in B betrachten, der dem Punkte A gerade gegenüber steht. Da dieser Körper weniger vom Monde angezogen wird als ein ähnlicher im Mittelpunkte C befindlicher Körper, so wird sich der Mittelpunkt mehr dem Monde nähern als der Punkt B, welcher also, so zu sagen, zurückbleiben wird, so wie ein langsamer fahrender Wagen hinter dem der ihm voranfährt. Die Wirkung davon wird die seyn, daß der Punkt B sich vom Mittelpunkte C entfernen und sich also heben wird, weil sich vom Mittelpunkte entfernen nichts anderes ist als sich in die Höhe heben. Daraus geht klar hervor, daß die Kraft des Mondes

Fig. 35.



die Gewässer zu heben sucht, und nicht bloß die in A befindlichen, sondern auch die am gerade entgegengesetzten Punkte in B und zwar diese letzteren mit einer Kraft, die dem Unterschiede der Kraft gleichkommt, womit der Punkt B weniger vom Monde angezogen wird als der Mittelpunkt C. Diejenigen also, welche in A sind, haben den Mond gerade über sich, oder in ihrem Zenith; und die in B sehen den Mond gar nicht, weil er alsdann den ihrem Zenith gerade entgegengesetzten Ort am Himmel, welcher Nadir heißt, einnimmt. Man sieht also, daß an jedem beliebigen Punkt des Meeres das Wasser ebenso wohl steigen muß, wenn der Mond im Nadir des Orts, als wenn er in seinem Zenith steht, d. h. sowohl wenn der Mond am höchsten über dem Horizonte, als wenn er am tiefsten unter ihm steht. In den Zwischen-Zeiten, wenn der Mond beim Auf- oder Untergang am Horizonte selbst steht, übt er keinen Einfluß auf das Steigen des Meeres aus, vielmehr entsteht alsdann eine kleine entgegengesetzte Kraft, die das Meer zu senken strebt. Nach diesem System muß die Kraft des Mondes an dem Orte des Meeres, in dessen Zenith er steht, das Wasser zu heben suchen; etwa 6 Stunden darnach wenn er an den Horizont gekommen ist, sucht seine Kraft das Wasser zum Fallen zu bringen; 12 Stunden 22 Minuten später, wenn der Mond am tiefsten unter dem Horizonte steht, strebt dieselbe Kraft das Wasser zu heben; und 18 Stunden 33 Minuten hernach steigt er wieder über den Horizont und bewirkt wieder den Fall des Wassers, bis er endlich nach 24 Stunden 45 Minuten, von dem ersten Zeitpunkte an gerechnet, abermals am Zenith des Himmels steht, und von neuem das Wasser zum Steigen bringt, wie den Tag zuvor. Dieses stimmt genau mit der Erfahrung überein. Dieses Wechseln von Steigen und Fallen des Meeres in Zwischenräumen von 6 Stunden 11 Minuten stimmt so genau mit der Bewegung des Mondes überein, daß man nicht daran zweifeln kann, daß Ebbe und Fluth durch die Anziehungs-Kraft des Mondes hervorgebracht werden. Der merkwürdigste Umstand ist der, daß der Mond eben so mächtig auf das Steigen des Meeres einwirkt, wenn er in der größten Höhe über dem Horizonte, als wenn in der größten Tiefe unter demselben steht. Dies hat anfangs die Philosophen sehr befremdet, weil sie sich einbildeten, der Mond müsse, wenn er unter dem Horizonte stehe, gerade die entgegenstehende Wirkung von der

thun, die er im Zenith hervorbringt; aber Ew. H. werden jetzt deutlich sehen, wie es zugeht, daß der Mond in zwei ganz entgegengesetzten Standpunkten doch einerlei Wirkung hervorbringen kann, da ich an Figur 35. gezeigt habe, daß die Wirkung des Mondes in A und B dieselbe ist. Den 7. Okt. 1760.

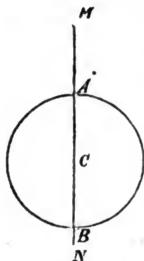
Sechsundsechszigster Brief.

Fortsetzung.

Nach dem, was ich Ew. H. von der Ebbe und Fluth des Meeres vorgetragen, werden Sie sehen, daß das System Newton's über diesen Punkt dem von Descartes gerade entgegengesetzt ist. Dem letztern zufolge wirkt der Mond durch den Druck, und das Meer müßte also an den Orten, die gerade unter dem Monde liegen, fallen; während nach Newton's Ansicht der Mond eine Attraction ausübt, und also an eben diesen Orten das Wasser zum Steigen bringt. Die Erfahrung würde also schon entscheiden, welches von beiden Systemen zuläßig sey. Man dürfte nur die Beobachtungen, die im großen Ocean gemacht worden, zu Rathe ziehen, um zu sehen, ob das Wasser steigt oder fällt, wenn sich der Mond im Zenith eines Ortes befindet. In der That hat man auch diese zu Hülfe genommen und gefunden, daß, wenn der Mond sich im Zenith oder Nadir eines Ortes befindet, das Meer weder hoch noch niedrig ist, und die Fluth erst einige Stunden später eintritt, nachdem der Mond durch's Zenith gegangen ist, woraus Leute, welche den Dingen nicht auf den Grund gehen, den Schluß gezogen haben, daß keines von beiden Systemen wahr sey, und die Cartesianer haben daraus für sich Vortheil gezogen, weil sie glaubten, wenn das System Newton's verworfen würde, müsse das von Descartes nothwendig angenommen werden, obgleich die angeführte Beobachtung dem System von Descartes eben so sehr widerspricht, als sie dem System Newton's zu widerstreben scheint. Inzwischen wird das System von Descartes durch das einzige Phänomen widerlegt, daß das Meer nach Verfluß von 12 Stunden 22 Minuten sich gerade wieder in demselben Zustande befindet, oder daß der Zustand des Meeres derselbe sey, gleichviel ob der Mond über, oder unter dem Horizonte ist, und seine Vertheidiger können durchaus nicht nachweisen, wie der Mond, wenn er über den Köpfen unserer Antipoden steht, die-

selbe Wirkung hervorbringen kann, wie wenn er uns über dem Kopfe steht. Man wird das in der beistehenden Figur sehen.

Fig. 36.



Es ist eine erprobte Erfahrung, daß der Zustand des Wassers in A derselbe ist, wenn sich der Mond in M, dem Zenith des Ortes A, als wenn er sich in N, dem Nadir von A befindet, und also im Zenith der Antipoden in B ist. Die Wirkung des Mondes muß also in beiden Fällen in A dieselbe seyn. Wenn aber, wie Descartes glaubt, der Mond durch den Druck wirkt, so folgt, daß der Mond, wenn er in M ist, das Wasser in A zum Fallen bringen muß, das Wasser aber unmöglich in A denselben Druck erleiden kann, wenn er in N ist. Im Attractions-System dagegen muß die Wirkung des Mondes, gleichviel ob er in M oder in N ist, nothwendig beinahe die gleiche seyn, und das bestätigen auch die Beobachtungen. Man darf sich hier nur der oben gegebenen Erklärung erinnern, die ich noch einmal kurz wiederholen will, weil sie von der äußersten Wichtigkeit ist. Wenn der Mond in M ist, so ist ihm der Punkt A näher als der Mittelpunkt C, und wird also stärker von ihm angezogen; der Punkt A wird sich somit auch mehr vom Mittelpunkte entfernen, sich erheben; wenn daher der Mond in M ist, sucht er das Wasser in A steigen zu machen. Wir wollen nun auch sehen, was der Mond in N macht, wohin er 12 Stunden 22 Minuten später als er in M gewesen, gelangt. Weil der Punkt A weiter vom Monde in N entfernt ist, als der Mittelpunkt C, so wird er von ihm schwächer angezogen werden, also wird der Mittelpunkt C geschwinder gegen N fortrücken als A; also wird die Entfernung zwischen C und A größer werden, und da vom Mittelpunkte der Erde sich entfernen gleichbedeutend ist mit steigen, so macht der Mond, wenn er in N ist, den Punkt A steigen, oder strebt das Wasser in A gerade so zu erheben, als ob er in M wäre. Die Erfahrung erhebt inzwischen hier einen großen Einwurf, wenn man wahrnimmt, daß das Meer nicht auf der größten Höhe steht, so lange der Mond in M oder in N ist, sondern erst in einiger Zeit darauf zur größten Höhe gelangt, und aus diesem Grunde haben einige unbedingt diese ganze Erklärung verworfen. Ew. H. werden aber leicht einsehen, wie übereilt dieses Urtheil ist. Ich habe nicht gesagt, das Wasser stehe in A am höchsten, wenn der Mond in M oder in N ist,

sondern nur die Kraft des Mondes strebe alsdann die Gewässer zum Steigen zu bringen. Nun können aber die Gewässer nicht steigen, wenn ihre Menge nicht vergrößert wird; es muß also Wasser von andern und selbst sehr entlegenen Orten herzufließen; es gehört Zeit dazu, bis eine hinlängliche Wassermenge sich gesammelt hat, und deßhalb ist es sehr natürlich, daß die hohe Fluth in A erst einige Zeit nachdem der Mond durch M oder N gegangen ist, eintreten kann. Anstatt daß also diese Beobachtung unser System über den Haufen würfe, bestätigt sie es vielmehr. Ohne Zweifel muß die Kraft, die das Meer zum Steigen zu bringen strebt, seiner wirklichen größten Höhe vorhergehen, weil das Wasser von sehr entfernten Orten herbeifließen muß, von denjenigen nämlich, wo das Wasser niedrig ist, wenn es in A hoch steht. Müssen die Gewässer zudem noch Meerengen passiren oder stoßen sie auf andere Hindernisse in ihrem Laufe, so muß dieß die höchste Fluth um so mehr verspäten, und wenn im Ocean die höchste Fluth in A erst zwei Stunden nach dem Durchgange des Mondes durch M oder N eintritt, so muß sie in engeren Meeren erst drei und mehr Stunden darauf eintreten, was alles mit den Beobachtungen genau übereinstimmt.

Den 11. Oct. 1760.

Siebenundsechszigster Brief.

Fortsetzung.

Ew. H. werden nun nicht mehr daran zweifeln, daß Ebbe und Fluth durch die Anziehungskraft des Mondes verursacht werden, es bleibt aber noch eine Schwierigkeit zu heben übrig, die darin besteht, daß diese Bewegung des Meeres im Neu- und Vollmonde weit stärker ist als in den Vierteln. Wäre der Mond beim Neu- oder Vollmonde der Erde näher als in seinen Vierteln, so wäre gar keine Schwierigkeit, weil eine größere Nähe auch die Kraft des Mondes vermehren müßte. Obgleich jedoch der Mond sich der Erde bald mehr, bald weniger nähert, ist doch dieser Unterschied zu klein, um eine so beträchtliche Veränderung in der Ebbe und Fluth hervorzubringen. Ueberdieß richtet sich dieser Unterschied nicht nach den Mondsvierteln, und es kann der Fall eintreten, daß der Mond in seinen Vierteln uns näher steht als beim Voll- oder Neumonde. Man muß also eine

andere Ursache aufsuchen, die im Stande ist, Ebbe und Fluth beim Voll- und Neumonde zu vergrößern und in den Mondsvierteln zu verringern. Auch diese Ursache gibt uns nun das Attractions-System an. Die Anziehungskraft der Sonne nämlich, im Verein mit eben dieser Kraft des Mondes, gibt uns die vollständige Erklärung aller Erscheinungen, welche bei der Ebbe und Fluth des Meeres sich uns zeigen. In der That läßt sich alles, was ich von der Kraft des Mondes, das Meer in Bewegung zu setzen, gesagt habe, auch auf die Sonne anwenden. Ihre Anziehungskraft wirkt ebenfalls ungleich auf die verschiedenen Theile der Erde, und zieht die nahen stärker und die entfernten schwächer an. Die Kraft der Sonne ist sogar weit größer als die des Mondes, da sie hauptsächlich die Bewegung der Erde bestimmt und diese in ihrer Bahn forttreibt. Was aber die Bewegung anlangt, die sie im Meere verursacht, so hängt diese von der Ungleichheit der Kräfte ab, durch welche die Punkte der Erdoberfläche bald stärker bald schwächer angezogen werden als ihr Mittelpunkt, wie ich schon bei der Erklärung von der Wirkung des Mondes gezeigt habe. Der Grund ist der, daß wenn alle Theile der Erde gleich stark angezogen würden, keine Veränderung in ihrer gegenseitigen Stellung eintreten könnte. Obgleich aber die Kraft der Sonne überhaupt weit größer ist als die des Mondes, so ist dennoch die Ungleichheit der Attraction in Betreff der verschiedenen Theile der Erde bei ihr viel kleiner. Wegen der großen Entfernung der Sonne, die ungefähr 300mal weiter von der Erde entfernt ist als der Mond, ist auch der Unterschied zwischen den Kräften, mit denen der Mittelpunkt der Erde und die Punkte ihrer Oberfläche von der Sonne angezogen werden, sehr klein, und wenn man die Berechnung anstellt, so findet man, daß diese Verschiedenheit ungefähr dreimal kleiner ist als die Ungleichheit unter den Kräften des Mondes, woraus man sieht, daß die anziehende Kraft der Sonne auch allein im Stande wäre, Ebbe und Fluth im Meere hervorzubringen, obwohl diese dreimal kleiner wäre als die vom Monde verursachte. Es ist demnach augenscheinlich, daß Ebbe und Fluth eine zusammengesetzte Wirkung aus der Kraft der Sonne und des Mondes sind, oder daß es in der That zwei Arten von Ebbe und Fluth gibt, deren eine vom Monde, die andere von der Sonne herrührt; die eine heißt Monds-, die andere Sonnen-Ebbe und Fluth. Die Mondsfluth, die ungefähr dreimal größer

ist, richtet sich nach der Bewegung des Mondes und rückt von einem Tage zum andern drei Viertelstunden rückwärts; die andere, die dem Laufe der Sonne folgt, würde immer genau wieder auf dieselben Tagesstunden fallen, wenn sie allein wäre, oder wenn es keinen Mond gäbe. Diese beiden vom Monde und der Sonne bewirkten Bewegungen des Meeres bilden nun zusammen diejenige Ebbe und Fluth, die man wirklich im Meere bemerkt; da aber beide das Wasser wechselsweise steigen und fallen machen, so muß, wenn beide Ursachen gemeinschaftlich zur Hebung oder Senkung des Meeres mitwirken, Ebbe und Fluth um so viel größer seyn; wenn die eine das Meer zum Steigen zu bringen sucht, während die andere es am gleichen Orte fallen macht, so wird eine durch die andere, oder die Monds-Ebbe und Fluth durch die der Sonne verkleinert werden. Je nachdem also diese beiden Kräfte entweder zusammen- oder einander entgegen wirken, muß auch Ebbe oder Fluth größer oder kleiner seyn. Weil sich nun beim Neumonde Sonne und Mond an demselben Orte des Himmels befinden, so treffen ihre Wirkungen zusammen, und Ebbe und Fluth müssen um so größer werden, weil sie der Summe beider Kräfte gleich ist. Dasselbe wird beim Vollmonde stattfinden, wenn der Mond der Sonne gerade gegenüber steht, da wir wissen, daß der Mond dieselbe Wirkung hervorbringt, wenn er auch zwei einander entgegengesetzte Punkte am Himmel einnimmt; daher muß auch beim Vollmonde wie beim Neumonde Ebbe und Fluth am größten seyn. Im ersten und letzten Viertel hingegen findet gerade das Gegentheil statt, denn während die Wirkung des Mondes das Wasser hebt, macht die Wirkung der Sonne dasselbe fallen und umgekehrt; daher muß alsdann auch Ebbe und Fluth am kleinsten seyn, wie es auch die Beobachtung lehrt. Man kann überdieß noch durch Berechnung nachweisen, daß die Wirkung des Mondes wie die der Sonne etwas größer seyn müssen, wenn beide Körper im Aequator des Himmels stehen oder von beiden Weltpolen gleichweit entfernt sind, was zur Zeit der Tag- und Nachtgleichen, gegen Ende der Monate März und September, geschieht, und man bemerkt auch, daß Ebbe und Fluth in diesen Jahreszeiten am stärksten sind. Es ist also kein Zweifel mehr übrig, daß Ebbe und Fluth durch die Anziehungskraft des Mondes und der Sonne entstehen, in so fern diese Kräfte auf die verschiedenen Theile der Erde ungleich wirken, und die glückliche Erklä-

rung dieser Erscheinung, die unsere Vorfahren so sehr in Verlegenheit gesetzt hatte, bestätigt vollkommen das System der Attraction oder der allgemeinen Schwere, worauf die Bewegung aller Himmelskörper sich gründet. Den 14. Oct. 1760.

Achtundsechszigster Brief.

Umständlichere Schilderung des Streites der Philosophen über die Ursache der allgemeinen Schwere.

Nachdem ich Ew. H. einen allgemeinen, aber vollständigen Begriff von den Kräften gegeben habe, welche die hauptsächlichsten Erscheinungen in der Welt hervorbringen, und auf welche die Bewegungen aller Himmelskörper sich gründen, ist es noch von Wichtigkeit, die Kräfte genauer zu untersuchen, welche zu dem System der Attraction gehören. Man nimmt in diesem Systeme an, alle Körper ziehen sich wechselsweise und im Verhältniß ihrer Masse und ihrer Entfernung an, nach einem Gesetze, welches ich Ew. H. ausführlicher erklärt habe. Die gelungene Erklärung der meisten Naturerscheinungen beweist hinlänglich die unumstößliche Wahrheit dieser Vermuthung, so daß man es für die ausgemachteste Thatsache halten kann, daß alle Körper sich gegenseitig anziehen. Nun gilt es, die wahre Quelle dieser Anziehungskräfte zu erforschen, was aber eigentlich mehr in die Metaphysik als in die Mathematik gehört, und ich möchte mir deßhalb nicht schmeicheln, daß mir dieß eben so gut gelingen wird.

Da es ausgemacht ist, daß von zwei beliebigen Körpern, die man betrachtet, der eine vom andern angezogen wird, so fragt man natürlich auch nach der Ursache dieser gegenseitigen Anziehung; gerade hierüber sind jedoch die Meinungen sehr getheilt. Die englischen Philosophen behaupten, es sey eine wesentliche Eigenschaft aller Körper, sich wechselsweise anzuziehen, und alle Körper haben gleichsam eine Art natürlicher Neigung zu einander, kraft deren sie einander näher zu kommen streben, wie wenn sie mit einer gewissen Empfindung oder Begierde begabt wären. Andere Philosophen halten diese Ansicht für ungereimt und den Grundsätzen einer vernunftgemäßen Philosophie widersprechend; die Thatsache selbst läugnen sie nicht, sie geben sogar einstimmig zu, daß es wirklich in der Welt Kräfte gebe, welche die Körper zu einander hintreiben; aber sie behaupten, diese Kräfte wirken von außen

auf die Körper ein und liegen im Aether, jener feinen Materie, welche alle Körper umgibt; so wie wir sehen, daß ein in eine Flüssigkeit eingetauchter Körper mehrfache Eindrücke von derselben bekommen kann, wodurch er in Bewegung gesetzt wird. Also liegt nach den erstern die Ursache der Attraction in den Körpern selbst und in ihrem eigenen Wesen; nach den letztern liegt sie außer den Körpern in der feinen flüssigen Materie, die sie umgibt. In diesem Falle wäre das Wort Attraction eigentlich nicht richtig, sondern man müßte sagen: ein Körper werde gegen den andern gestoßen. Weil jedoch die Wirkung dieselbe ist, gleichviel ob zwei Körper von einander angezogen oder gegen einander gestoßen werden, so kann das bloße Wort Anziehung nicht stören, wenn man dadurch nur nicht über die Natur der Ursache selbst entscheiden will. Um alle Verwirrung zu vermeiden, welche dieser Ausdruck hervorbringen könnte, sollte man lieber sagen: die Körper bewegen sich auf dieselbe Weise, als ob sie sich gegenseitig anzögen. Dadurch ließe man unentschieden, ob die Kräfte, die auf die Körper wirken, in oder außer ihnen ihren Sitz haben, und durch diesen Ausdruck könnte man beide Parteien zufrieden stellen. Bleiben wir bei den Körpern stehen, die wir auf der Erdoberfläche finden. Niemand könnte zweifeln, daß alle diese Körper fielen, sobald sie nicht mehr unterstützt würden; und die Frage ist also nur die: was ist die wahre Ursache dieses Falles? Die Einen sagen, die Erde ziehe diese Körper durch eine Kraft an, die ihr vermöge ihrer Natur zukomme; die Andern sagen, der Aether oder irgend eine andere feine und unsichtbare Materie stoße die Körper nach unten, so daß in beiden Fällen die Wirkung trotzdem dieselbe ist. Die letztere Ansicht gefällt denen mehr, die in der Philosophie klare Principien lieben, weil sie nicht einsehen, wie zwei von einander entfernte Körper auf einander einwirken können, ohne daß etwas zwischen ihnen sey. Die Andern berufen sich auf die göttliche Allmacht, und behaupten, Gott habe alle Körper mit der Kraft begabt, andere Körper anzuziehen. Obwohl es gefährlich ist, über das streiten zu wollen, was Gott möglich oder unmöglich sey, ist trotzdem gewiß, daß wenn die Attraction ein unmittelbares Werk der göttlichen Allmacht wäre, ohne in der Natur der Körper begründet zu seyn, dieß ebenso viel heißen würde, als wenn man sagte: Gott stoße die Körper unmittelbar zusammen, was also eine Reihe von Wundern wäre. Setzen wir einmal den Fall, Gott habe vor Erschaffung der

Welt nur zwei von einander entfernte Körper geschaffen, außer welchen nichts mehr existirte, und diese Körper seyen in Ruhe gewesen: wäre es wohl möglich, daß der Eine sich dem Andern näherte, oder daß sie eine Neigung hätten, einander näher zu kommen? Wie würde eines das andere in der Entfernung wahrnehmen? Wie könnte es die Begierde fühlen, sich mit ihm zu vereinigen? Dieß sind ungereimte haltlose Ideen; sobald man aber annimmt, daß der Raum zwischen den Körpern mit einer feinen Materie angefüllt ist, begreift man alsbald, daß wenn diese Materie auf die Körper durch den Stoß wirken kann, die Wirkung davon beinahe dieselbe seyn muß, wie wenn sie sich wechselsweise anzögen. Da wir nun wissen, daß in der That eine solche flüssige Materie den Raum zwischen den Himmels-Körpern ausfüllt, nämlich der sogenannte Aether, so scheint es vernünftiger zu seyn, der Wirkung des Aethers die gegenseitige Anziehung der Körper zuzuschreiben, wenn man auch die Art dieser Wirkung nicht einsieht, als zu einer ganz unverständlichen Eigenschaft seine Zuflucht zu nehmen. Die alten Philosophen haben sich begnügt, die Erscheinungen in der Welt durch Eigenschaften oder Ursachen zu erklären, die sie occulte oder verborgene nannten; so sagten sie z. B., das Opium wirke einschläfernd durch eine verborgene Eigenschaft, welche es zur Erregung von Schlaf geeignet mache. Dieß war aber ganz nichtssagend, oder hieß vielmehr seine Unwissenheit bemänteln wollen. Man müßte also auch die Attraction für eine verborgene Eigenschaft halten, insofern man sie für eine wesentliche Eigenschaft der Körper ausgeben wollte; da man aber heutzutage alle verborgenen Eigenschaften oder Kräfte aus der Philosophie zu verbannen sucht, muß auch die Attraction, wofern man sie in diesem Sinne auffaßt, daraus verbannt werden [1]. Den 18. October 1760.

Neunundsechszigster Brief.

Von der Natur und dem Wesen der Körper, oder vielmehr von der Ausdehnung, Beweglichkeit und Undurchdringlichkeit derselben.

Der metaphysische Streit, ob die Körper eine innere Kraft, einander anzuziehen, besitzen, ohne daß sie durch eine äußere

[1] Die Schlußfolge in diesem Brief ist durchaus nicht streng. Alles, was Euler gegen die Annahme einer Attraction anführt, gilt noch in höherem Grade gegen die Hypothese, daß die Körper durch den Druck des Aethers gegen einander getrieben werden.

Kraft gestoßen werden, kann nicht zu Ende geführt werden, ohne daß man eine genauere Untersuchung der Natur der Körper überhaupt eingeht. Da diese Sache nicht bloß für die Mathematik und Physik, sondern auch für die ganze Philosophie von der höchsten Bedeutung ist, so werden Ew. H. mir erlauben, diesen Gegenstand etwas ausführlicher zu behandeln.

Zuerst fragt man: Was ist ein Körper? So ungereimt diese Frage scheinen mag, weil Jedermann den Unterschied kennt zwischen dem, was ein Körper, und dem, was kein Körper ist, so ist es trotzdem schwer, die wahren Kennzeichen anzugeben, welche die Natur der Körper bedingen. Die Cartesianer sagen: die Natur der Körper bestehe in der Ausdehnung, so daß Alles, was Ausdehnung besitze, auch ein Körper sey. Sie verstehen darunter eine Ausdehnung nach drei Dimensionen, denn sie wissen aus der Geometrie sehr wohl, daß eine einzige Dimension, oder die Ausdehnung nach der bloßen Länge hin, nur eine Linie gibt; und daß zwei Dimensionen, wobei nur Länge und Breite vorkommen, nur eine Fläche, aber keinen Körper bilden. Um einen Körper zu bilden, braucht man drei Dimensionen, d. h. jeder Körper muß eine Länge, Breite und Tiefe oder Dicke haben, und dieß ist die Ausdehnung nach drei Dimensionen. Aber man fragt dabei: ob auch alles, was diese Ausdehnung habe, zugleich ein Körper sey, was der Fall seyn müßte, wenn Descartes' Definition richtig wäre. Die Vorstellung, welche sich das Volk von Gespenstern macht, enthält den Begriff der Ausdehnung, und doch leugnet man, daß dieß Körper seyen. Obwohl diese Vorstellung nur eine bloß eingebildete ist, kann sie doch zum Beweise dienen, daß irgend Etwas eine Ausdehnung haben kann, ohne darum ein Körper zu seyn. Ebenso enthält die Vorstellung, die wir uns vom Raume machen, freilich auch den Begriff einer Ausdehnung nach drei Dimensionen, und dennoch ist man darüber einig, daß der Raum allein noch kein Körper ist, sondern nur den Ort liefert, welchen die Körper einnehmen oder ausfüllen. Setzen wir einmal den Fall, alle Körper, welche sich jetzt in meinem Zimmer befinden, und selbst die Luft darin, würden durch die göttliche Allmacht vernichtet, so würde dennoch in meinem Zimmer noch dieselbe Länge, Breite und Tiefe bleiben, ohne daß ein Körper da wäre. Dieß ist also wenigstens die Möglichkeit einer Ausdehnung, die kein Körper wäre. Einen solchen Raum ohne Körper nennt man eine Leere, und eine

Leere ist also eine Ausdehnung ohne Körper. So sagt auch der Volksaberglaube, ein Gespenst z. B. habe wohl eine Ausdehnung, aber der Körper oder die Körperlichkeit fehle ihm; und daraus geht hervor, daß, um einen Körper zu bilden, die Ausdehnung allein noch nicht hinreicht, sondern daß noch etwas mehr dazu gehört, und daß eben deßhalb Descartes' Definition unzulänglich ist. Was ist aber, neben der Ausdehnung, noch erforderlich, um einen Körper zu bilden? Man erwidert darauf: es sey die Beweglichkeit oder die Fähigkeit, in Bewegung gesetzt werden zu können; denn wenn auch ein Körper in Ruhe ist und noch so unwandelbar darin beharrt, so würde es doch möglich seyn, ihn in Bewegung zu setzen, wenn nur eine genügende Kraft dazu vorhanden ist. Man schließt dadurch den Raum aus der Reihe der Körper aus, da es eine ausgemachte Sache ist, daß der Raum nur zur Aufnahme von Körpern dient und unbeweglich bleibt, welche Bewegung auch immer die in ihm enthaltenen Körper haben mögen. Man sagt auch: durch die Bewegung werden die Körper von einem Orte zum andern geschafft, — und dadurch gibt man zu verstehen, daß Ort und Raum unbeweglich bleiben; inzwischen könnte doch mein Zimmer mit dem darin angenommenen leeren Raume bewegt werden, und wird es auch in der That, da es von der Bewegung der Erde ebenfalls mit fortgerissen wird; hier haben wir also den Fall eines leeren Raumes, der in Bewegung gesetzt würde, ohne ein Körper zu seyn. So mißt auch der Aberglaube den Gespenstern eine Bewegung bei, was also hinreichend beweist, daß Ausdehnung und Beweglichkeit noch nicht allein das Wesen des Körpers ausmachen. Es gehört noch etwas mehr, es gehört Materie dazu, um einen Körper zu bilden; oder vielmehr, Materie nennt man dasjenige, was einen wirklichen Körper von einer bloßen Ausdehnung oder einem Gespenste unterscheidet. Nun werden wir also wieder darauf zurückgeführt, zu erklären, was Materie sey, weil ohne sie eine bloße Ausdehnung noch kein Körper ist. Da aber die Bedeutung beider Worte so vollkommen gleich ist, daß jeder Körper auch Materie, und alle Materie Körper ist, so haben wir wenig dabei gewonnen. Indessen findet man doch leicht ein allgemeines Kennzeichen, das aller Materie und also auch allen Körpern eigen ist, nämlich die Undurchdringlichkeit, die Unmöglichkeit, von andern Körpern durchdrungen zu werden, oder die Unmöglichkeit, daß

zwei Körper zugleich denselben Raum einnehmen. In der That fehlt diese Undurchdringlichkeit dem leeren Raume, den Gespenstern, und macht, daß sie keine Körper sind; wäre ein Gespenst (so fabelhaft es auch seyn mag) undurchdringlich, d. h. könnte man nicht mit der Hand hindurchfahren, ohne einen Widerstand zu finden, so würde man nicht anstehen, es unter die Körper zu rechnen; sobald man es aber als durchdringlich ansieht, leugnet man auch seine Körperlichkeit. Vielleicht wird man mir einwenden, daß man mit der Hand durch Luft und Wasser dringen kann, die trotzdem von Jedermann für Körper anerkannt werden; diese wären demnach durchdringliche Körper, und die Undurchdringlichkeit demnach kein wesentliches Kennzeichen aller Körper mehr. Allein hier muß man wohl bemerken, daß, wenn man mit der Hand durch's Wasser fährt, die Wassertheilchen der Hand nachgeben, und daß, wo die Hand ist, nun kein Wasser mehr steht. Könnte die Hand dergestalt durch's Wasser dringen, daß das Wasser der Hand nicht ausweichen würde, sondern an eben dem Orte bliebe, wo die Hand ist, so würde das Wasser durchdringlich seyn; es ist aber klar, daß das nicht geschieht. Also sind alle Körper undurchdringlich, oder jeder Körper schließt von dem Orte, den er selbst einnimmt, alle anderen Körper aus; kein anderer kann an diesen Ort kommen, ohne daß der erste ihn zuvor verlassen hätte. In diesem Sinn muß man das Wort Undurchdringlichkeit verstehen.

Den 21. October 1760.

Siebenzigster Brief.

Von der Undurchdringlichkeit der Körper insbesondere.

Ew. H. werden mir vielleicht gegen die Undurchdringlichkeit der Körper das Beispiel eines Schwammes anführen, der vom Wasser durchdrungen zu werden scheint, wenn man ihn in dasselbe eintaucht. Aber die Theilchen des Schwammes werden keineswegs so durchdrungen, daß ein Wassertheilchen und ein Theilchen des Schwammes denselben Raum einnähmen. Es ist vielmehr bekannt, daß der Schwamm ein sehr poröser Körper ist, und daß seine Poren mit Luft gefüllt sind, bevor man ihn in's Wasser taucht; sobald also das Wasser in die Poren tritt, wird die Luft aus denselben ausgetrieben und steigt in Gestalt von kleinen Blasen in die Höhe, so daß in diesem Falle weder die Luft vom Wasser, noch das Wasser von der Luft durchdrungen wird,

sondern die Luft von den Orten entweicht, wo das Wasser eintritt. Die Undurchdringlichkeit ist also eine allgemeine und wesentliche Eigenschaft aller Körper, und man muß daher die Richtigkeit der Definition anerkennen, daß ein Körper eine undurchdringliche Ausdehnung sey, weil nicht nur alle Körper ausgedehnt und undurchdringlich sind, sondern auch umgekehrt, weil Alles, was zugleich ausgedehnt und undurchdringlich ist, ein Körper ist. Dadurch wird der leere Raum aus der Zahl der Körper ausgeschlossen, weil er zwar Ausdehnung, aber nicht Undurchdringlichkeit besitzt, und man im leeren Raume allenthalben Körper hinsetzen kann, ohne etwas von seinem Platze zu vertreiben; und man schließt nur deßhalb ein Gespenst, wenn auch nur ein eingebildetes, von der Reihe der Körper aus, weil man es für durchdringlich hält; denn sobald man sich ein Gespenst undurchdringlich dächte, würde man es auch für einen Körper halten. Es ist noch eine Einwendung zu beseitigen, welche man gegen die Undurchdringlichkeit der Körper erhebt. Es gibt Körper, sagt man, die sich auf einen engern Raum zusammendrücken lassen, wie z. B. die Wolle, und vornehmlich die Luft, von der wir wissen, daß sie sich auf einen beinahe 1000mal kleinern Raum zusammendrücken läßt. Verschiedene Lufttheilchen können in denselben Raum hineingepreßt werden und sich gegenseitig durchdringen; allein dieß ist nicht der Fall, denn die Luft ist ebenfalls ein Körper, oder eine Materie voll Poren, die entweder leer oder mit jener unendlich feinern Materie angefüllt sind, die man Aether nennt. Im ersten Falle wird keine Durchdringung stattfinden, weil die Lufttheilchen sich bloß mehr zusammendrängen, indem die leeren Zwischenräume kleiner werden; im andern findet der Aether genug kleine Ausgänge, durch die er entweichen kann, wenn die Poren zusammengedrückt werden und die Lufttheilchen sich nähern, ohne sich jedoch zu durchdringen. Aus diesem Grunde bedarf es auch einer größeren Kraft, wenn man die Luft mehr zusammendrücken will; und wenn es möglich wäre, sie so weit zusammenzudrücken, daß alle ihre Theilchen sich berührten, so könnte man sie unmöglich noch weiter zusammendrücken, wenn man auch eine noch so große Gewalt anwenden würde, und zwar, weil ein stärkerer Druck eine Durchdringung der eigentlichen Materie der Luft heischen würde. Es ist also ein nothwendiges und allgemeines Grundgesetz der Natur, daß zwei Körper sich nicht gegenseitig durchdringen oder in denselben

Ort zusammendrängen lassen können; und nach diesem Grundsatz muß man die wahre Ursache aller Bewegungen und der Veränderungen suchen, welche wir in der Bewegung aller Körper wahrnehmen. Sobald zwei Körper ihre Bewegung nicht fortsetzen könnten, ohne sich zu durchdringen, muß der Eine dem Andern nothwendig Platz machen. Wenn also zwei Körper sich auf derselben Linie gegeneinander bewegen, der eine nach rechts, der andere nach links, wie es beim Billard oft vorkommt, so müßten sie, wenn jeder seine Bewegung fortsetzen würde, sich gegenseitig durchdringen; weil dieß aber unmöglich ist, so findet, sobald sich die beiden Körper berühren, ein Stoß statt, durch welchen die Bewegung eines jeden sich plötzlich ändert, und dieser Stoß geschieht in der Natur nur, um das Durchdringen zu vermeiden. Die Bewegung jedes Körpers wird gerade nur um soviel verändert, als nöthig ist, um jede Durchdringung zu verhindern; und hierin besteht die wahre Ursache aller Veränderungen, welche in der Welt vorkommen. Betrachtet man alle diese Veränderungen aufmerksam, so findet man stets, daß sie nur statthaben, um irgend eine Durchdringung zu verhindern, welche gewiß eingetreten wäre, wenn diese Veränderungen nicht stattgefunden hätten. Gerade im Augenblicke, wo ich dieß niederschreibe, fällt mir auf, daß meine Feder, wenn das Papier durchdringlich wäre, durch dieses hindurchgehen würde, ohne zu schreiben; weil aber das Papier den Druck meiner tintebefeuchteten Feder aushält, nimmt es einige Theile dieser Tinte auf, und dadurch werden die Buchstaben gebildet. Diese Eigenschaft aller Körper, welche uns als ihre Undurchdringlichkeit bekannt ist, ist also nicht allein in Beziehung auf unsre Kenntnisse von der höchsten Wichtigkeit, sondern sie ent-enthält auch die große Kraft, durch welche die Natur all ihre Erzeugnisse hervorbringt. Sie verdient daher auch eine aufmerksame Prüfung, damit ich Ew. H. sowohl die Natur aller Körper als auch die Principien aller Bewegungen oder die sogenannten Gesetze der Bewegung deutlicher machen kann, welche von den Philosophen so sehr gerühmt werden. Den 25. October 1760.

Einundsiebenzigster Brief.

Von der Bewegung, und von der wahren und scheinbaren Ruhe.

Jeder Körper ist entweder im Zustande der Ruhe oder in dem der Bewegung. So augenfällig dieser Unterschied aber auch erscheinen möchte, so ist es doch beinahe nicht möglich, zu beurtheilen, ob ein Körper sich in dem einen oder in dem andern Zustande befinde. Das Papier, das ich hier auf meinem Tische vor mir sehe, scheint mir wirklich in Ruhe zu seyn; wenn ich aber bedenke, daß die ganze Erde sich mit großer Geschwindigkeit bewegt, wie ich Ewr. H. gezeigt habe, so muß nothgedrungen durch dieselbe Bewegung auch mein Haus sammt meinem Tische und diesem Papier mit fortgerissen werden; und auf gleiche Weise hat all das, was uns im Zustande der Ruhe erscheint, im Grunde die gleiche Bewegung wie die Erde. Man muß daher auch zwischen der eigentlichen und der wahren Ruhe unterscheiden. Die w a h r e R u h e ist die, wenn ein Körper beständig an demselben Orte beharrt, und zwar nicht an demselben Orte der Erde, sondern an derselben Stelle des Weltalls. Wenn also z. B. die Firsterne stets an denselben Orten des Weltalls blieben, würden sie in Ruhe seyn, obwohl sie sich sehr schnell zu bewegen scheinen; weil man aber hierüber nichts Gewisses weiß, kann man auch nicht sagen, die Firsterne befinden sich im Zustande eigentlicher Ruhe. A n s c h e i n e n d e oder s c h e i n b a r e R u h e ist derjenige Zustand, wenn ein Körper beständig dieselbe Lage auf der Erde behält; man sagt dann von ihm, er sey in Ruhe, aber man muß sich darunter die scheinbare Ruhe denken. Man kann auch annehmen, die Ausdrücke 'Ruhe' und 'Bewegung' haben sich in den Sprachgebrauch eingeschlichen, um eher den Anschein als die Wahrheit zu bezeichnen; und in diesem Sinne kann ich kühn behaupten, mein Tisch sey in Ruhe wie die ganze Erde, die Sonne und die Firsterne seyen dagegen in Bewegung und zwar in einer sehr raschen, obwohl sie vielleicht wirklich in Ruhe sind. Es hieße aber diesen Bezeichnungen fremde und rein philosophische Begriffe unterlegen, wenn man sie mit denen von wahrer und scheinbarer Ruhe verwechseln wollte; und ist eine Lächerlichkeit, wenn man — wie Einige thun — Stellen aus der heiligen Schrift citirt zum Beweise, daß die Erde in Ruhe sey und die Sonne sich bewege. Alle Sprachen dienen vorzugsweise nur zum Gebrauch des Volkes, und die Philoso-

phen haben sich ihre eigene Sprache bilden müssen. Weil wir nun nicht im Stande wären, die wahre Ruhe zu beurtheilen, sagen wir ganz natürlich, diejenigen Körper seyen in Ruhe, welche in Bezug auf die Erde dieselbe Lage beibehalten, sowie vermutlich auch die Bewohner der übrigen Planeten die Ruhe nach der unveränderlichen Lage in Beziehung auf ihren Planeten beurtheilen. Wir sehen, daß die Seereisenden diejenigen Gegenstände für ruhig halten, welche in derselben Lage zu ihrem Fahrzeuge beharren, und daß die Küsten, welche sie gewahr werden, ihnen als in Bewegung begriffen erscheinen, ohne daß man sie über diese Ausdrucksweise tadeln kann. Es herrscht also ein großer Unterschied zwischen der wahren oder absoluten Ruhe und Bewegung, und der nur scheinbaren oder relativen gegenüber von einem Körper, welchen man gewissermaßen nur als in Ruhe beharrend ansieht, obwohl er vielleicht in Bewegung ist. Die Principien oder Gesetze der Bewegung beziehen sich hauptsächlich nur auf den absoluten Zustand der Körper, d. h. auf ihre wahre oder absolute Ruhe und Bewegung. Um diese Gesetze zu ergründen, faßt man zunächst einen einzelnen Körper in's Auge und abstrahirt von allen anderen, als ob diese gar nicht vorhanden wären. Diese Hypothese, obgleich unmöglich, läßt das, was durch die Natur des Körpers selbst geschieht, von Dem unterscheiden, was andere Körper an ihm hervorbringen. Wenn also ein Körper allein und in Ruhe ist, so fragt man: ob er nun in Ruhe bleiben oder anfangen wird, sich zu bewegen? Da nun kein Grund vorliegt, der ihn veranlaßte, sich nach der einen Seite eher zu bewegen als nach einer andern, schließt man daraus, er werde immer in Ruhe bleiben. Derselbe Fall muß eintreten, wenn man die Existenz anderer Körper daneben annimmt, welche jedoch auf den fraglichen Körper nicht einwirken; hieraus folgt denn das allgemeine Grundgesetz: *Wenn sich ein Körper einmal in Ruhe befindet, und nichts von Außen her auf ihn einwirkt, wird dieser Körper beständig in Ruhe beharren; falls er sich aber wieder zu bewegen anfienge, läge die Ursache dieser Bewegung außer ihm, so daß in dem Körper selbst nichts existirt, was ihn in Bewegung zu setzen im Stande wäre.* — Wenn wir daher sehen, daß ein Körper, der in Ruhe war, sich zu bewegen anfängt, dürfen wir mit Gewißheit annehmen, daß diese Bewegung durch eine äußere Kraft

veranlaßt worden ist, da in dem Körper selbst nichts liegt, was ihn in Bewegung zu setzen vermöchte; und daß dieser Körper, wenn er allein und ohne Verbindung mit andern Körpern wäre, beständig in Ruhe bleiben würde. So begründet dieses Gesetz auch ist, das sich mit den geometrischen Wahrheiten auf gleichem Range erhalten könnte, so gibt es doch Leute, und zwar Solche, die den Dingen nicht auf den Grund zu sehen pflegen, welche behaupten wollen, die Erfahrung widerspräche demselben. Sie führen das Beispiel eines Fadens an, woran ein Stein hängt, der allerdings in Ruhe ist, aber zu Boden fällt, sobald man den Faden abschneidet. Sie sagen: es ist gewiß, daß die Handlung des Fadenabschneidens nicht im Stande ist, den Stein in Bewegung zu setzen, der Stein muß also vermöge einer Kraft fallen, welche ihm eigen und innewohnend ist. Die Thatsache ist unläugbar, aber es ist ebenso klar, daß die Schwere, und nicht eine innere, in dem Stein liegende Kraft — die Ursache des Falls ist. Sie sagen aber noch weiter, die Schwere könnte etwa eine innere, an die Natur des Steines gebundene Kraft seyn. Darauf ist zu bemerken, daß die Schwere entweder durch eine feine Materie oder durch die Attraction der Erde bewirkt wird. Im ersteren Falle ist es zuverlässig diese feine Materie, welche den Fall des Steines verursacht; im zweiten, der für unsern Gegner zu sprechen scheint, könnte man ebensowenig sagen, daß der Stein durch eine in ihm liegende Kraft fällt, sondern die Erde ist vielmehr die Ursache davon und bewirkt durch ihre Anziehungskraft den Fall des Steins; wenn also die Erde nicht vorhanden oder ihrer Anziehungskraft beraubt wäre, so würde, wie sie selber zugeben, der Stein nicht fallen. Es ist also immerhin gewiß, daß die Ursache des Falls nicht in dem Steine selbst liegt, sondern stets eine äußere Ursache vorhanden ist, gleichviel ob diese in der feinen Materie oder in der Erde liegt, vorausgesetzt, daß diese eine anziehende Kraft besitzt, wie die Anhänger des Attractions-Systems behaupten. Ist diese Schwierigkeit beseitigt, so besteht das Gesetz, das ich aufgestellt habe: daß nämlich ein Körper, der einmal in Ruhe ist, immer darin verharren wird, solange er nicht durch irgend eine außer ihm liegende Ursache in Bewegung gesetzt wird. Dieses Gesetz muß gelten, sobald der Körper auch nur einen einzigen Augenblick in Ruhe gewesen, wenn er sich auch zuvor in Bewegung befunden hätte; und sobald er einmal in Ruhe versetzt worden, wird

er auch immer in diesem Zustande beharren, so lange nicht irgend eine fremde Ursache hinzutritt und ihn in Bewegung setzt. Da dieses Princip die Grundlage der ganzen Mechanik ist, mußte ich es nothgedrungen so fest begründen, als es mir nur immer möglich war.

Den 28. Oktober 1760.

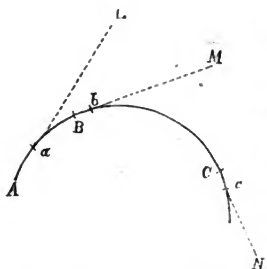
Zweiundsiebenzigster Brief.

Von der gleichförmigen, der beschleunigten und verzögerten Bewegung.

Ich komme wieder auf unsern Körper zurück, der so gestellt ist, daß er durchaus in keiner Verbindung mit irgend einem andern Körper steht. Nehmen wir nun an, dieser Körper habe durch irgend eine beliebige Ursache einige Bewegung erhalten, so gilt es zu wissen, was künftighin mit ihm vorgehen, ob er sich auch ferner bewegen, oder ob er sich ruhig verhalten wird, und zwar ob sogleich oder erst in einiger Zeit? Ew. H. werden einsehen, daß dieß eine sehr wichtige Frage ist, und von ihr alle Untersuchungen, welche wir über die Bewegung der Körper anstellen, abhängen. Sehen wir also zuvörderst, ob wir mittelst der Schlußfolgerung zur Lösung dieser Frage kommen können! Da die Ruhe nichts andres ist, als das Verharren eines Körpers auf derselben Stelle, so ist die Bewegung nur der Uebergang von einem Orte zum andern; denn wenn ein Körper von einem Orte zu einem andern fortschreitet, sagt man ja von ihm, er sey in Bewegung. Bei jeder Bewegung muß man aber zweierlei unterscheiden: die Richtung und die Geschwindigkeit. Die Richtung ist derjenige Ort, nach welchem ein Körper durch die Bewegung gebracht wird; die Geschwindigkeit aber jene wohlbekannte Eigenschaft, durch welche man angibt, daß ein Körper binnen einer gewissen Zeit einen größeren oder kleineren Raum durchläuft. Ich bin überzeugt, Ew. H. haben hierüber schon eine richtigere Vorstellung, als ich durch die weitläufigste Erklärung geben könnte, und ich bemerke daher hier nur, daß ein Körper, welcher in derselben Richtung beharrt, sich in einer geraden Linie bewegt, und umgekehrt, daß er, so lange er sich in gerader Linie fortbewegt, dieselbe Richtung beibehält; daß aber ein Körper, welcher sich in einer krummen Linie, Curve, bewegt, beständig seine Richtung wechselt.

Wenn also ein Körper sich auf der krummen Linie ABC bewegt, ist seine Richtung, wenn er in A ist, die kleine Linie Aa; ist er in B, so ist seine Richtung die kleine Linie Bb; ist er in C, die kleine Linie Cc. Verlängert man nun auch diese kleinen Linien, deren Fortsetzungen durch die punktirten geraden Linien AL, BM und CN angegeben sind, so sagt man: wenn ein Körper durch A gehe, sey seine Richtung die gerade Linie AL, weil der Körper, wenn er dieselbe Richtung behielte, welche er in A hatte, auf der geraden Linie AL fortbewegt würde.

Fig 37.



Daraus geht hervor, daß er sich nur deßhalb in einer krummen Linie bewegt, weil er seine Richtung beständig verändert. Auf gleiche Weise ist, wenn der Körper bis B und C vorrückt, er aus der Richtung BM, in die Richtung CN übergegangen.

Was nun die Geschwindigkeit in der Bewegung eines Körpers anlangt, so begreifen Ew. H. leicht was es heißt: stets die gleiche Geschwindigkeit behalten; dieß geschieht nämlich, wenn ein Körper sich immer gleich bewegt oder in gleichen Zeitfristen die gleichen Wegstrecken zurücklegt. Diese Bewegung nennt man die gleichförmige. Wenn sich also z. B. ein Körper so bewegt, daß er in jeder Sekunde stets genau zehn Fuß zurücklegt, so nennt man dieß eine gleichförmige Bewegung; legte ein anderer Körper zwanzig Fuß in jeder Sekunde zurück, so wäre seine Bewegung zwar ebenfalls gleichförmig, seine Geschwindigkeit aber wäre zweimal so groß als die vorige. Aus dem so eben von der gleichförmigen Bewegung Gesagten läßt sich leicht abnehmen, was eine nicht gleichförmige Bewegung ist; denn wenn die Geschwindigkeit eines Körpers nicht immer die gleiche ist, ist seine Bewegung auch nicht gleichförmig. Insbesondere nennt man die Bewegung eines Körpers beschleunigt, wenn seine Geschwindigkeit sich im Fortschreiten vermehrt, und eine Bewegung verzögert, wenn sie fortgesetzt sich vermindert. Im letzteren Fall könnte es soweit kommen, daß die Geschwindigkeit so lange abnähme, bis der Körper am Ende ganz in Ruhe käme.

Nachdem ich diese Bemerkungen über die Geschwindigkeit

und Richtung aufgestellt, komme ich wieder auf den isolirten Körper zurück, den ich mir durch irgend eine beliebige Ursache in Bewegung gesetzt denke. In dem Augenblicke wo er sich zu bewegen begann, muß er eine bestimmte Richtung und eine gewisse Geschwindigkeit gehabt haben, und es fragt sich nun, ob er auch in der Folge dieselbe Richtung und Geschwindigkeit behalten oder ob er einige Aenderung derselben erleiden wird? Man könnte nicht sagen, er werde schon vom ersten Augenblicke an in Ruhe versetzt, denn in diesem Falle hätte er gar keine Bewegung gehabt, da jede Bewegung eine wenn auch noch so geringe Dauer voraussetzt. So lange aber die Bewegung dauert, wird auch die Richtung gewiß die gleiche bleiben, und man könnte in der That nicht begreifen, warum ein Körper von seinem Wege lieber nach der einen Seite als nach der andern abwiche. Da also nichts ohne Grund geschieht, folgt daraus auch, daß der fragliche Körper immer die gleiche Richtung behalten oder seine Bewegung in gerader Linie geschehen wird, was schon ein bedeutender Schritt zur Entscheidung der Frage ist. Auf gleiche Weise behauptet man auch, die Geschwindigkeit des fraglichen Körpers könne sich nicht verändern, weil sie sich entweder vergrößern oder verringern müßte; allein es läge kein Grund vor, der eine solche Veränderung herbeiführen könnte, und daraus schließt man, dieser Körper werde sich fortwährend mit derselben Geschwindigkeit und in derselben Richtung bewegen, oder beständig eine gerade Linie verfolgen, ohne je davon abzuweichen, und immer mit gleicher Geschwindigkeit fortschreiten. Diese Bewegung wird also stets auf einer geraden Linie und mit gleicher Geschwindigkeit geschehen, und niemals nachlassen oder sich verzögern, und somit wird also der Körper niemals zur Ruhe gebracht werden. Was ich oben von einem Körper sagte, den ich allein angenommen habe, würde auch unserer Erdenwelt geschehen, wenn andre Körper keinen Einfluß auf sie hätten, weil das gerade soviel wäre, als ob sie gar nicht existirten. So ist also die Frage gelöst: Ein Körper im Zustande der Bewegung wird diese Bewegung immer mit derselben Richtung und Geschwindigkeit behalten, wenn nicht irgend eine äußere Ursache hinzukommt, welche den Körper in Fortsetzung seiner Bewegung zu stören im Stande ist. So lange also ein Körper nicht der Einwirkung einer äußeren Ursache unterworfen wird, wird er in Ruhe bleiben, wenn er einmal in Ruhe war, oder wird sich auf einer geraden Linie mit derselben

Geschwindigkeit fortbewegen, wenn er einmal in Bewegung gesetzt worden ist; und hierin besteht das erste und wichtigste Naturgesetz, auf welches die ganze Lehre von der Bewegung gegründet seyn muß. Wir ziehen hieraus zunächst den Schluß, daß, so oft wir einen Körper, der in Ruhe war, sich bewegen, oder so oft wir überhaupt einen Körper sehen, der sich in einer krummen Linie bewegt oder seine Geschwindigkeit wechselt, gewiß nur eine äußere Ursache auf diesen Körper einwirkt. Es könnte keine Veränderung, weder der Richtung noch der Geschwindigkeit, eintreten, wenn sie nicht von einer äußeren Ursache bewirkt würde.

Den 1. November 1761.

Dreiundsiebenzigster Brief.

Von dem Hauptgesetze der Bewegung und Ruhe, und dem Streite der Philosophen in dieser Beziehung.

So fest gegründet auch die Wahrheit des Princips steht, daß jeder Körper, der einmal in Bewegung gesetzt ist, sich in der gleichen Richtung und mit derselben Geschwindigkeit fortbewegt, wenn nicht irgend eine äußere Ursache hinzukommt und diese Bewegung stört, — so wird sie dennoch von einigen Philosophen angegriffen, welche niemals sonderliche Fortschritte in der Lehre von der Bewegung gemacht haben, während diejenigen, welchen wir alle großen Entdeckungen im Bereich dieser Wissenschaft verdanken, einstimmig zugestehen, daß alle ihre Forschungen lediglich auf dieses Princip gegründet sind. Es wird von zwei Sekten von Philosophen bekämpft, deren Einwürfe ich nun aufzählen und widerlegen will.

Die Einen sagen: alle Körper besitzen einen natürlichen Hang zur Ruhe, die Ruhe sey ihr natürlicher, und die Bewegung für sie ein gewaltsamer Zustand, so daß ein Körper, der in Bewegung gesetzt worden, vermöge seines eigenthümlichen Wesens in diesen Zustand der Ruhe zurückzukehren strebe, und Anstrengungen mache, die Bewegung einzustellen, ohne durch irgend eine äußere oder fremde Ursache hiezu genöthigt zu seyn. Zum Beweis dafür citiren sie den, ihrer Ansicht nach schlagenden Erfahrungssatz an, daß wir keine Bewegung in der Natur kennen, worin man nicht sichtlich diesen natürlichen Widerstand

erblickte. Sehen wir nicht, sagen sie, z. B. auf dem Billard, daß eine Kugel, wie stark wir sie auch abgestoßen haben, doch sehr bald ihre Bewegung verringert und bald wieder in den Zustand der Ruhe zurückkehrt? Eine Uhr bleibt ebenfalls stehen und wird in Ruhe versetzt, sobald ihre Bewegung nicht mehr durch die äußere Kraft unterhalten wird, mit welcher sie aufgezogen wurde. Hieraus schließen sie: daß ein in Bewegung gesetzter Körper, weit entfernt vermöge seiner eigenen Natur in derselben Bewegung zu beharren, im Gegentheil der Hülfe fremder Kräfte bedürfe, um seine Bewegung zu unterhalten. Wäre diese Folgerung richtig, so würde, wie Ew. H. wohl einsehen, unser Grundsatz ganz über den Haufen geworfen, da nach diesem Grundsatz die besagte Kugel und ähnliche Maschinen, wie die erwähnte, wenn sie einmal in Bewegung gesetzt wären, immer die gleiche Bewegung behalten müßten, falls nicht äußere Ursachen eine Veränderung an ihnen veranlaßten. Wenn also in den angeführten Erfahrungs-Sätzen keine äußern Ursachen vorhanden wären, welche diese Bewegung aufhielten, müßten wir allerdings unsern Grundsatz fallen lassen. Sobald wir aber auf alle Umstände Acht geben, werden wir so mancherlei Hemmnisse finden, welche sich der Bewegung widersetzen, daß wir uns nicht mehr darüber wundern könnten, daß diese Bewegung sobald aufhöre. In der That ist es auf dem Billard zunächst die Reibung, welche der Bewegung der Kugel Eintrag thut, weil diese nicht über das Tuch laufen kann, ohne eine Reibung zu erleiden. Ferner verursacht auch die Luft selbst, als eine Materie, einigen Widerstand, der die Bewegung der Körper zu verringern vermag: um sich hievon zu überzeugen, braucht man nur recht schnell mit der Hand durch die Luft zu fahren, und man wird diese Widerstandskraft verspüren. Daraus geht klar hervor, daß es auf dem Billard die Luft und die Reibung sind, welche die Bewegung der Kugel beeinträchtigen und sie bald zur Ruhe bringen. Diese Ursachen sind aber äußere, und man sieht ein, daß ohne diese Hindernisse die Bewegung der Kugel immerfort andauern müßte. Ganz dasselbe ist der Fall mit allen Maschinen, wo die Reibung, welche auf die verschiedenen Theile einwirkt, so bedeutend ist, daß sie offenbar hinreichende Ursache wird, warum die Maschine sobald in Ruhe geräth. Haben wir nun aber die wahren Ursachen entdeckt, welche in den angeführten Fällen das Aufhören der Bewegung bewirken, indem diese Ursachen äußere

und außerhalb des sich bewegenden Körpers liegende sind, — so ist es also grundfalsch, daß die Körper von Natur aus einen Hang nach Ruhe haben. Unser Princip bleibt also bestehen und gewinnt durch die obenerwähnten Einwürfe nur neue Bestätigung: jeder Körper also erhält sich immer dieselbe Bewegung, die er einmal empfangen hat, wenn nicht fremde Ursachen dazu treten und seine Richtung oder Geschwindigkeit oder gar Beide auf einmal ändern. So sind wir also schon einen Theil der Gegner, die unser Princip bekämpften, ledig.

Die Anderen sind nicht zu fürchten, weil es die berühmten Wolf'schen Philosophen sind; sie erklären sich nicht offen gegen unser Princip, für welches sie sogar große Achtung an den Tag legen; allein sie stellen andere Principien auf, welche dem unseren direkt entgegen sind. Sie behaupten, jeder Körper strebe kraft seines inneren Wesens beständig, seinen Zustand zu verändern; d. h. er strebe nach Bewegung, wenn er in Ruhe sey, und bemühe sich fortwährend, Geschwindigkeit und Richtung zu verändern, wenn er in Bewegung sey. Sie wissen freilich nichts zur Unterstützung und zum Beweis für diese Behauptung anzuführen, als einige hohle Schlüsse aus ihrer Metaphysik, mit welcher ich Ew. H. später noch einmal bekannt machen werde. Ich bemerke hier nur, daß diese Ansicht sowohl durch den Satz, welchen wir oben so fest begründet haben, als durch die Erfahrung widerlegt wird, welche mit diesem Satze genau übereinstimmt. Wenn es in der That wahr ist, daß ein in Ruhe befindlicher Körper vermöge seiner Natur in diesem Zustande bleibt, so ist es ohne Widerrede falsch, daß er kraft seiner Natur fortwährende Anstrengungen macht, diesen Zustand zu verändern. Ebenso, wenn es wahr ist, daß ein in Bewegung gesetzter Körper kraft seiner Natur diese Bewegung in derselben Richtung und mit derselben Geschwindigkeit beibehält, so ist es schlechterdings falsch, daß derselbe Körper kraft seines Wesens beständig seine Bewegung zu wechseln strebe. Wenn also diese Philosophen zugleich das wahre Princip der Bewegung und ihre ungereimte Ansicht behaupten wollen, so widersprechen sie sich selbst und werfen dadurch ihr eigenes philosophisches System über den Haufen. So bleibt es also über allen Streit erhaben, daß unser Satz in der Natur der Körper selbst am festesten begründet ist, und daß Alles, was ihm widerspricht, aus der wahren Philosophie verbannt werden muß; und dieser nämliche Satz gibt uns noch Mittel an die

Hand, die Philosophie von einer Menge Illusionen zu säubern. Man drückt aber diesen Grundsatz gewöhnlich in zwei Sätzen aus, deren einer und erster lautet: Ein Körper, der einmal in Ruhe ist, bleibt ewig in Ruhe, wenn er nicht durch irgend eine äußere oder fremde Ursache in Bewegung gesetzt wird. — Der zweite Satz heißt: Ein Körper, der einmal in Bewegung gesetzt ist, wird in dieser Bewegung ewig mit derselben Richtung und Geschwindigkeit beharren, oder in gleichförmiger Bewegung eine gerade Linie verfolgen, wenn er nicht durch irgend eine äußere oder fremde Ursache gestört wird. — In diesen beiden Sätzen besteht die Grundlage der ganzen Lehre von der Bewegung, welche man gewöhnlich Mechanik heißt. Den 4. November 1760.

Vierundsiebenzigster Brief.

Von der Trägheit und den Kräften der Körper.

Wie man sagt, ein Körper bleibe, so lange er in Ruhe ist, auch in demselben Zustande, so sagt man auch von einem Körper der in Bewegung ist, er bleibe in demselben Zustande, so lange er sich mit derselben Geschwindigkeit und nach derselben Richtung hin bewegt. In demselben Zustande verbleiben, heißt also nichts Andres, als in Ruhe bleiben oder dieselbe Bewegung beibehalten. Diesen Sprachgebrauch hat man eingeführt, um unsern Satz kürzer so zu fassen: jeder Körper bleibt vermöge seiner Natur in demselben Zustand, bis eine fremde Ursache diesen stört, d. h. entweder den Körper in Bewegung setzt, wenn er in Ruhe ist, oder seine Bewegung verändert. Man darf indeß nicht glauben, daß das Verharren in einem Zustande bei einem Körper das Verharren an demselben Orte bedinge, was wohl der Fall ist, wenn der Körper in Ruhe bleibt; wenn er sich aber mit derselben Geschwindigkeit und in derselben Richtung bewegt, sagt man gleichfalls, er bleibe in demselben Zustande, obwohl er jeden Augenblick seinen Ort wechselt. Fragt man nun, warum die Körper in demselben Zustande bleiben, so lautet die Antwort: dieß geschieht vermöge des diesen Körpern eigenen Wesens. Alle Körper, insofern sie aus Materie bestehen, haben nothgedrungen diese Eigenschaft, in demselben Zustande

zu verbleiben, wenn sie nicht durch irgend eine äußere Ursache aus demselben gerissen werden. Hier handelt es sich also um eine in der Natur der Körper begründete Eigenschaft, durch welche sie sich in demselben Zustand zu erhalten streben, gleichviel ob dieser der Zustand der Ruhe oder der der Bewegung ist. Diese Eigenschaft, womit alle Körper begabt sind und die ihnen wesentlich ist, heißt ihre Trägheit, und kommt allen Körpern ebenso nothwendig zu, wie die Ausdehnung und die Undurchdringlichkeit. Diese Bezeichnung ist zuerst von denjenigen in die Philosophie eingeführt worden, welche behaupteten, jeder Körper habe einen gewissen Hang zur Ruhe. Sie verglichen die Körper mit faulen Menschen, welche die Ruhe der Arbeit vorziehen, und schrieben den Körpern einen Abscheu vor der Bewegung bei, wie ihn träge Menschen vor jeder Arbeit haben, da Trägheit und Faulheit fast analoge Begriffe sind. Obwohl man nun aber seitdem das Irrige dieser Ansicht erkannt hat, und die Körper sich gleichförmig im Zustand der Bewegung wie der Ruhe erhalten, hat man doch das Wort Trägheit beibehalten, um im Allgemeinen die Eigenschaft aller Körper, sich im selben Zustande der Ruhe wie der Bewegung zu erhalten, zu bezeichnen. Man könnte sich aber die Trägheit nicht denken ohne einen Widerstand gegen Alles, was den Körper zum Wechseln seines Zustandes veranlassen wollte; denn da ein Körper vermöge seiner Natur in demselben Zustande der Bewegung wie der Ruhe beharrt und sich nur durch äußere Anlässe davon abbringen läßt, folgt daraus, daß wenn ein Körper seinen Zustand verändern soll, ihn nothgedrungen eine fremde Ursache dazu zwingen muß, weil er ohne diese stets in seinem Zustande bliebe. Daher rührt es, daß man diese äußere Ursache Kraft nennt; ein Ausdruck, dessen man sich sehr häufig bedient, obwohl Viele von denen, welche ihn gebrauchen, einen nur sehr unvollkommenen Begriff davon haben. Ew. H. wird aus dem Gesagten ersehen, daß der Ausdruck Kraft All das bedeutet, was den Zustand der Körper zu verändern im Stande ist. Wenn also ein Körper, der in Ruhe war, in Bewegung gesetzt wird, so hat eine Kraft diese Wirkung hervorgebracht; und wenn ein Körper im Zustande der Bewegung seine Richtung oder Geschwindigkeit verändert, so ist es ebenfalls eine Kraft, welche diese Veränderung herbeigeführt hat. Jede Veränderung der Richtung oder Geschwindigkeit in der Bewegung eines Körpers erheischt aber

entweder eine Vermehrung oder eine Verminderung der Kräfte. Diese Kräfte sind also immer außerhalb des Körpers, dessen Zustand verändert wird, weil wir oben gesehen haben, daß ein sich selbst überlassener Körper immer in demselben Zustande beharrt, wenn nicht eine Kraft von außen auf ihn einwirkt. Die Trägheit aber, durch welche der Körper sich stets in dem gleichen Zustande zu erhalten strebt, ist in dem Körper selbst vorhanden und eine wesentliche Eigenschaft desselben. Wenn daher eine äußere Kraft den Zustand irgend eines Körpers verändert, widersetzt sich die Trägheit, welche ihn in seinem Zustand erhalten möchte, der Einwirkung der Kraft, und hieraus geht denn klar hervor, daß die Trägheit eine Eigenschaft ist, welche meßbar ist, oder daß die Trägheit des einen Körpers größer oder geringer seyn kann, als die eines andern. Nun besitzen die Körper Trägheit, insofern sie Materie enthalten, und gerade an der Trägheit oder dem Widerstande, welchen ein Körper jeder Veränderung seines Zustandes entgegengesetzt, bemessen wir den Gehalt eines solchen an Materie, und die Trägheit eines Körpers ist daher um so größer, je mehr Stoff er enthält. Auch wissen wir, daß es größerer Kraft bedarf, um den Zustand eines großen Körpers als um den eines kleinen zu verändern, und daraus beurtheilen wir, daß der große Körper mehr Materie enthalte als der kleine. Man könnte sogar sagen, dieser einzige Umstand, d. h. die Trägheit, mache uns die Materie wahrnehmbar. Es liegt also klar am Tage, daß die Trägheit eine Größe ist, die von der Quantität der Materie abhängt, welche ein Körper enthält; und da man den Gehalt eines Körpers an Materie auch seine Masse nennt, ist das Maaß der Trägheit ganz dasselbe, wie das Maaß der Masse eines Körpers. Unsre Kenntniß der Körper beschränkt sich also im Allgemeinen darauf: Erstens wissen wir, daß alle Körper eine Ausdehnung von dreierlei Dimension haben; zweitens, daß sie undurchdringlich sind, und hievon rührt die allgemeine Eigenschaft aller Körper her, welche wir unter dem Namen Trägheit kennen und durch welche die Körper in ihrem Zustande beharren; d. h. daß ein Körper, wenn er in Ruhe ist, vermöge seiner Trägheit in Ruhe bleibt, und wenn er in Bewegung ist, ebenfalls durch seine Trägheit fortfährt, sich in der gleichen Richtung und mit der gleichen Geschwindigkeit zu bewegen; und dieses Beharren in demselben Zustande dauert fort, bis eine äußere Kraft dazu kommt und

einige Veränderung in demselben verursacht. So oft der Zustand eines Körpers verändert wird, muß man den Grund davon nicht im Körper selbst suchen, denn sie liegt immer außer ihm; und dieß allein ist die richtige Vorstellung, welche man sich von einer Kraft machen muß. Den 8. November 1760.

Fünfundsiebenzigster Brief.

Von den Veränderungen, welche im Zustande der Körper eintreten können.

Das Grundprincip der Mechanik und der Begriff der Trägheit, welche ich Ewr. H. auseinandergesetzt habe, setzen uns in den Stand, die sichersten Schlüsse über mancherlei Erscheinungen zu ziehen, welche sich uns in der Natur aufdrängen. Wenn wir einen Körper in Bewegung sähen, der in einer geraden Linie gleichförmig fortschritte, d. h. der die gleiche Richtung und Geschwindigkeit beibehielte, so würden wir sagen, die Ursache dieser fortgesetzten Bewegung liege nicht außerhalb des Körpers, sondern in seiner Natur selbst, und nur in Folge seiner Trägheit bleibe er in demselben Zustand; wie wir, falls der Körper in Ruhe wäre, sagen würden, er bleibe nur vermöge seiner Trägheit in diesem Zustande. Wir könnten ebenfalls mit Recht sagen, der Körper stehe nicht unter der Einwirkung irgend einer äußeren Kraft, oder — falls dieß je stattfände — diese Kräfte heben einander selbst auf, so daß es gerade so viel sey, als wenn sie gar nicht vorhanden wären. Die Frage also, warum dieser Körper sich auf diese Weise zu bewegen fortfahre, wäre leicht zu beantworten; wenn man dagegen fragte, weßhalb er sich so zu bewegen angefangen habe, wäre die Frage ganz anders. Man müßte hierauf erwidern: diese Bewegung sey ihm von irgend einer äußern Kraft gegeben worden; vorausgesetzt daß er zuvor einmal in Ruhe gewesen; allein über die Größe oder das Maaß dieser Kraft ließe sich unmöglich etwas Gewisses sagen, weil vielleicht gar keine Spur mehr davon übrig ist. Es ist also jedenfalls eine lächerliche Frage: wer im Anfang der Welt die Bewegung in jeden Körper gelegt habe, oder wer der erste Beweger gewesen sey? Wer diese Frage thut, der gesteht also einen Anfang und somit auch eine Schöpfung zu, und denkt sich, Gott habe alle Körper im Zustande der Ruhe erschaffen.

Nun kann man ihm zwar erwidern: derjenige, der alle Körper erschaffen hat, vermochte auch die Bewegung in sie zu legen. Allein ich frage ihn lieber zuerst: ob er es für leichter hält, einen Körper im Zustande der Ruhe oder ihn im Zustande der Bewegung zu erschaffen? Beides setzt auf gleiche Weise die Allmacht voraus, und diese Frage gehört eigentlich nicht mehr in den Bereich der Philosophie. Sobald aber ein Körper eine Bewegung empfangen hat, erhält er sich durch sein eigenes Wesen oder durch seine Trägheit in demselben Zustande, in welchem er unwandelbar bleiben muß, wenn er nicht durch irgend eine äußere Ursache, d. h. eine Kraft, darin gestört wird. So oft wir daher sehen, daß ein Körper nicht mehr in demselben Zustande beharrt, d. h. daß entweder ein Körper in Ruhe sich zu bewegen beginnt, oder ein Körper in Bewegung seine Richtung oder Schnelligkeit verändert, — müssen wir diese Veränderung einer außerhalb des Körpers liegenden Ursache oder einer fremden Kraft zuschreiben. Wenn also ein Stein, den ich aus der Hand loslasse, zu Boden fällt, so ist die Ursache dieses Falls dem Körper fremd und er fällt nicht durch seine eigene Natur, sondern eine fremde Kraft, die man unter dem Namen Schwere begreift, treibt ihn dazu: folglich ist die Schwere keine innere Eigenschaft der Körper, sondern vielmehr die Wirkung einer fremden Kraft, deren Quell außerhalb des Körpers zu suchen ist. Dieß ist mathematisch gewiß, obgleich wir die fremden Kräfte, welche die Schwere verursachen, nicht kennen. Das gleiche findet statt, wenn man einen Stein schleudert; man bemerkt daran wohl, daß der Stein sich nicht in einer geraden Linie bewegt und ebensowenig die gleiche Geschwindigkeit immer beibehält. Hier ändert ebenfalls diese fremde Kraft der Schwere unaufhörlich die Richtung und Geschwindigkeit des Körpers; ohne die Schwere würde der Stein in einer geraden Linie stets mit derselben Geschwindigkeit fortfliegen, und wenn während der Bewegung des Steins die Schwere plötzlich verschwände, würde jener sich in einer geraden Linie gleichförmig fortbewegen und ganz dieselbe Richtung und Geschwindigkeit beibehalten, die er in dem Augenblicke gehabt hätte, wo die Schwere zu wirken aufhörte. Weil aber die Schwere noch immer fortdauert und auf alle Körper wirkt, darf man sich nicht wundern, daß keine Bewegung aufzufinden ist, bei welcher sich Richtung und Geschwindigkeit stets gleich bleiben. Der Fall der Ruhe kann nur stattfinden, wenn man

einen Körper so fest hält, daß er schlechterdings nicht fallen kann; so hält mich z. B. der Fußboden meines Zimmers und verhindert, daß ich in den Keller falle. Allein sogar auch die Körper, die uns in Ruhe erscheinen, werden durch die Bewegung der Erde mit fortgerissen, und weil diese weder geradlinigt noch gleichförmig ist, kann man auch nicht sagen, diese Körper bleiben in demselben Zustande. So ist auch unter den Himmelskörpern nicht ein einziger zu finden, der sich in gerader Linie und stets mit derselben Geschwindigkeit bewegte, sondern auch sie verändern fortwährend ihren Zustand, und sogar die Kräfte, welche diese fortdauernde Veränderung veranlassen, sind uns nicht unbekannt; es sind nämlich die Anziehungskräfte, womit die Himmelskörper auf einander einwirken. Ich habe bereits bemerkt, diese Kräfte könnten auch von der feinen Materie herrühren, welche den ganzen Raum des Himmels erfüllt und alle Himmelskörper umgibt; allein auch nach der Ansicht derer, welche die Attraction für eine der Materie innewohnende Eigenschaft halten, ist diese Kraft stets dem Körper fremd, auf welchen sie wirkt. Wenn man also sagt, die ganze Erde werde von der Sonne angezogen, gesteht man zu, daß die Kraft, welche auf die Erde einwirkt, nicht in der Erde selbst liege, sondern ihren Ursprung in der Sonne habe, weil in der That diese Kraft gar nicht vorhanden wäre, wenn die Sonne nicht existirte. Die Ansicht indessen, daß die Attraction eine wesentliche Eigenschaft aller Materie sey, unterliegt noch so vielen andern Schwierigkeiten, daß man ihr unmöglich in einer vernunftgemäßen Philosophie eine Stelle gönnen kann. Man thut immer besser daran, zu glauben, daß das, was man Attraction nennt, eine in der feinen Materie, welche den ganzen Himmelsraum erfüllt, enthaltene Kraft ist, obwohl man ihren Zusammenhang und die Art ihrer Wirkung nicht kennt. Man muß sich nun einmal daran gewöhnen, seine Unwissenheit über manche andre wichtige Dinge einzugestehen. Den 11. November 1760.

Sechsundsiebenzigster Brief.

Von dem Wolf'schen Monaden-System.

Nachdem ich Ew. H. die nothwendige Wahrheit des Satzes nachgewiesen habe, daß alle Körper durch sich selbst stets in dem gleichen Zustande der Ruhe oder Bewegung beharren, sage ich

hier noch, daß, wenn man hierüber die Erfahrung allein zu Rathe zöge, ohne durch Schlußfolgerung den Dingen tiefer auf den Grund zu gehen, man hieraus gerade das Gegentheil schließen und behaupten müßte, alle Körper haben eine Neigung, beständig ihren Zustand zu verändern; da wir in der Welt überhaupt nur einen beständigen Wechsel in dem Zustande der Körper wahrnehmen. Wir haben aber oben die Ursachen kennen gelernt, aus welchen dieser Wechsel entspringt, und wissen, daß jene nicht in den der Veränderung ausgesetzten Körpern selbst, sondern außer ihnen liegen, woraus denn folgt, daß der von uns aufgestellte Satz nicht nur durch die Erfahrung nicht widerlegt, sondern vielmehr bestärkt wird. Ew. H. können hienach leicht beurtheilen, wie sehr manche große Philosophen irren, welche diese Erfahrung nicht recht verstanden, und sich dadurch zu der Behauptung veranlaßt gefunden haben: alle Körper besitzen Kräfte, vermöge welchen sie beständig ihren Zustand verändern. So hat auch der große Wolf geschlossen, wenn er sagte: 1) Die Erfahrung zeigt uns, daß alle Körper beständig ihren Zustand verändern; folglich heißt 2) Alles, was den Zustand eines Körpers zu verändern vermag, eine Kraft; also besitzen 3) alle Körper eine Kraft, ihren Zustand zu verändern; und also strebt 4) jeder Körper fortwährend, seinen Zustand zu verändern; diese Kraft kommt aber 5) den Körpern nur insofern zu, als sie Materie enthalten; also ist es 6) eine wesentliche Eigenschaft der Materie, beständig ihren eigenen Zustand zu verändern; demnach ist 7) die Materie aus einer Menge einzelner Theile zusammengesetzt, die man die Elemente der Materie nennt; da also 8) die Zusammensetzung keine Eigenschaften besitzen könnte, die nicht im Wesen ihrer Elemente begründet wären, muß jedes Element auch eine Kraft besitzen, seinen eigenen Zustand zu verändern. Diese Elemente sind einfache Wesen, denn wenn sie nochmals aus Theilchen zusammengesetzt wären, würden sie noch keine Elemente seyn, sondern nur ihre Theile wären solche. Ein einfaches Wesen nennt man aber auch eine Monade; also besitzt jede Monade die Kraft, ihren Zustand beständig zu verändern. — Dieß ist die Anlage des Monaden-Systems, wovon Ew. H. vielleicht schon gehört haben werden, obwohl es heutzutage nicht mehr so großes Aufsehen erregt als ehedem; ich habe die Sätze, auf welche es gegründet ist, durch Zahlen bezeichnet, um meine Gedanken und Ansichten darüber besser darauf zurückbeziehen zu

können. Zu den beiden ersten Sätzen habe ich vorerst nichts zu sagen, aber der dritte ist sehr zweideutig und in dem Sinne, in welchem man ihn nimmt, grundfalsch.

Ohne behaupten zu wollen, daß die Kräfte, welche den Zustand der Körper verändern, von einem Geiste herrühren, stimme ich doch gerne damit überein, daß die Kräfte, durch welche der Zustand eines Körpers verändert wird, in Körpern existiren, aber wohlgemerkt in andern Körpern und niemals in dem, welchen diese Veränderung seines Zustandes trifft, weil dieser vielmehr eine entgegengesetzte Eigenschaft (nämlich die, sich in demselben Zustande zu erhalten) besitzt. Insofern also diese Kräfte in Körpern existiren, müßte man sagen, die Körper können, weil sie in gewissen Verbindungen untereinander stehen, auch Kräfte liefern, durch welche der Zustand eines andern Körpers verändert wird. Hienach ist der vierte Satz absolut falsch, und aus dem ganzen Vorangegangenen folgt vielmehr, daß jeder Körper eine Kraft besitzt, in demselben Zustande zu beharren, was gerade das Gegentheil von Dem ist, was die Philosophen daraus geschlossen haben. Ich muß aber hier auch noch bemerken, daß es sehr unpassend ist, jene Eigenschaft, wodurch die Körper in ihrem Zustande beharren, Kraft zu nennen, denn wenn man unter dem Worte Kraft das versteht, was den Zustand eines Körpers zu verändern vermag, ist die Eigenschaft, durch welche die Körper in ihrem Zustande beharren, vielmehr das gerade Gegentheil einer Kraft. Es ist also nur ein Mißbrauch, wenn einige Schriftsteller die Trägheit (welche nichts anderes ist als jene Eigenschaft) Kraft genannt haben, und von einer Kraft der Trägheit sprechen. Um aber nicht über diese Worte zu streiten, obwohl dieser Mißbrauch zu sehr groben Mißgriffen führen kann, kehre ich zum Monaden-System zurück, und sage: da der Satz 4) falsch ist, sind nothwendig auch die davon abgeleiteten falsch, und es ist daher ebenso unwahr, daß die Elemente der Materie oder Monaden, wenn es solche gibt, eine Kraft besitzen, ihren Zustand zu verändern. Vielmehr muß das Gegentheil wahr seyn, daß sie die Eigenschaft haben, sich in demselben Zustande zu erhalten, und dadurch wird das ganze Monaden-System über den Haufen geworfen. Sie wollten dadurch die Elemente der Materie in die Klasse von Wesen zurückführen, wozu die Geister und Seelen gehören, welche unzweifelhaft die Gabe haben, ihren Zustand zu verändern; denn während ich z. B. schreibe, vergegen-

wärtigt und denkt sich meine Seele beständig andre Gegenstände, und diese Veränderungen liegen in meiner Seele selbst und durchaus nicht außer ihr begründet. Ich bin davon nur allzuinnig überzeugt, und bin selbst Herr meiner Gedanken, während alle Veränderungen, welche einen Körper betreffen, von einer fremden Kraft herrühren. Wenn Ew. H. hiezu noch den ungeheuren Unterschied zwischen dem Zustande eines Körpers, der nur eine Geschwindigkeit und eine Richtung besitzt, und den Gedanken einer Seele hinzufügen, so werden Sie sich vollends durchaus von der Unrichtigkeit der Ansichten der Materialisten überzeugen, welche behaupten, ein Geist sey nur eine bestimmte Mischung von Materie. Solche Leute haben gar keinen Begriff von der wahren Natur der Körper, und doch bekennen sich beinahe alle sogenannten starken Geister zu dieser irrigen Ansicht.

Den 15. November 1760.

Siebenundsiebenzigster Brief.

Vom Ursprung und Wesen der Kräfte.

Es muß allerdings überraschen, daß, während jeder Körper eine natürliche Neigung hat, in demselben Zustande zu beharren, und sich sogar jeder Veränderung desselben zu widersetzen, alle Körper in der Welt trotzdem beständig ihren Zustand verändern. Wir wissen zwar wohl, daß diese Veränderung nicht eintreten könnte ohne eine Kraft, deren Sitz und Ursprung außerhalb des in seinem Zustande veränderten Körpers liegt; allein wo muß man denn all die Kräfte suchen, welche jene fortwährenden Veränderungen in allen Körpern der Welt hervorbringen und dennoch dem Körper fremd sind? Muß man denn, außer den Körpern in der Welt, noch gewisse eigenthümliche Wesen annehmen, welche diese Kräfte enthalten, oder sollten gar die Kräfte selbst eigenthümliche Substanzen seyn, welche in der Welt existiren? — Wir kennen nur zweierlei Arten von Wesen in der Welt, deren eine alle Körper, die andre aber alle einsichtbegabten Körper, nämlich die Geister und Seelen der Menschen sammt denen der Thiere, enthält; müßte man also, außer den Körpern und Geistern in der Welt, noch eine dritte Klasse von Wesen annehmen, welche von den Kräften gebildet würde? Oder wären es etwa die Geister, welche den Zustand der Körper beständig verändern? Beide enthalten zuviel Schwierigkeiten,

als daß man sich damit beruhigen könnte, denn wiewohl sich nicht läugnen läßt, daß die Seelen der Thiere und Menschen das Vermögen haben, Veränderungen in ihren Körpern zu bewirken, wäre es doch sehr abgeschmackt, zu behaupten, daß die Bewegung einer Kugel auf dem Billard durch irgend einen Geist verzögert oder gar zur Ruhe gebracht werde, oder daß die Schwere das Werk eines Geistes sey, der die Körper beständig nach unten treibe; oder daß die Himmelskörper, insofern sie im Verlauf ihrer Bewegung sowohl Richtung als Geschwindigkeit wechseln, dem Einflusse gewisser Geister unterworfen seyen, wie die Ansicht einiger Philosophen des Alterthums war, die jedem Himmelskörper einen Geist oder Engel beigegeben haben, welche einen jeden auf seiner Bahn begleiten sollten. Wenn man aber vernünftigere Schlüsse aus den Erscheinungen der Welt zieht, muß man zugeben, daß, mit einziger Ausnahme der beseelten Körper, d. h. der Menschen und Thiere, alle Veränderungen im Zustande der übrigen Körper nur von körperlichen Ursachen herrühren, an welchen die Geister durchaus keinen Antheil haben. Die ganze Frage beschränkt sich also auf die Untersuchung, ob die Kräfte, welche den Zustand der Körper verändern, abgesondert existiren und eine besondere Art von Wesen bilden, oder ob sie in den Körpern selbst vorhanden sind. Diese letztere Ansicht erscheint auf den ersten Blick sehr befremdlich, denn wenn alle Körper ein Vermögen haben, in demselben Zustande zu beharren, wie wäre es alsdann möglich, daß sie zugleich auch Kräfte besäßen, welche diesen Zustand zu verändern streben. Erwägen Ew. H. aber alle diese Schwierigkeiten wohl, so werden Sie sich nicht länger mehr darüber wundern, daß der Ursprung der Kräfte von jeher ein Stein des Anstoßes für alle Philosophen gewesen ist; alle sahen in ihm das tiefste Geheimniß der ganzen Natur, das dem Scharfsinn der Sterblichen für immer verschlossen seyn solle, und dennoch hoffe ich Ewr. H. eine so deutliche Erklärung dieses angeblichen Geheimnisses zu liefern, daß alle diese, seither für unüberwindlich gehaltenen Schwierigkeiten gänzlich verschwinden werden. Ich behaupte also (was zwar befremdlich erscheinen wird): dieselbe Eigenschaft der Körper, durch welche sie in demselben Zustande zu beharren streben, ist auch im Stande, diejenigen Kräfte zu liefern, welche den Zustand Anderer verändern. Ich behaupte nicht, daß ein Körper jemals seinen eigenen Zustand verändere, sondern sage nur: er könne fähig werden,

den Zustand eines andern Körpers zu verändern. Um Ew. H. in Stand zu setzen, das Geheimniß vom Ursprung der Kräfte zu ergründen, wird es genügen, wenn wir zwei Körper in nachstehender Figur so annehmen, als ob Beide nur allein in der Welt existirten.

Fig. 38.



Wir nehmen an, der Körper A sey in Ruhe, und B habe eine Bewegung erhalten, kraft deren sie sich mit einer gewissen Geschwindigkeit in der Richtung BA bewege. Unter dieser Voraussetzung würde der Körper A stets in Ruhe bleiben und der Körper B seine Bewegung immer in der geraden Linie AB und stets mit derselben Geschwindigkeit fortsetzen wollen, und zwar Beide vermöge der ihnen eigenen Trägheit. Der Fall wird also eintreffen, daß der Körper B endlich den Körper A berühren wird; allein was wird nun geschehen? So lange der Körper A in Ruhe bleibt, könnte der Körper B seine Bewegung nicht fortsetzen, ohne durch den Körper A hindurchzugehen, d. h. ihn zu durchdringen; unmöglich können also beide Körper in ihrem Zustande beharren, ohne daß der eine den andern durchdränge. Eine solche Durchdringung kann aber nicht stattfinden, da die Undurchdringlichkeit eine allen Körpern absolut nothwendige Eigenschaft ist; weil also unmöglich beide Körper ihren Zustand beibehalten können, muß nothwendig entweder A sich zu bewegen anfangen und dem Körper B Platz machen, damit dieser seine Bewegung fortsetzen kann, oder der Körper B, wenn er einmal zum Zusammenstoß mit A gekommen ist, muß plötzlich in Ruhe versetzt, oder der Zustand Beider so weit verändert werden, als erforderlich ist, damit Beide fernerhin in ihrem Zustande verbleiben können, ohne sich gegenseitig zu durchdringen. Nothwendig muß also entweder der eine oder der andere Körper, oder Beide zugleich, eine Veränderung ihres Zustandes erleiden, und der Grund oder die Ursache dieser Veränderung liegt unfehlbar in der Undurchdringlichkeit der Körper selbst; weil aber jede Ursache, die den Zustand der Körper zu verändern im Stande ist, Kraft heißt, liefert nothgedrungen die Undurchdringlichkeit der Körper selbst diejenigen Kräfte, welche ihren Zustand verändern. Da nämlich die Undurchdringlichkeit eigentlich nur die Unmöglichkeit ist, daß zwei Körper sich gegenseitig durchdringen, so widersetzt sich in der That auch jeder

Körper aller Durchdringung, selbst wenn diese auch nur in seinen kleinsten Theilen stattfinden sollte; sich aber der Durchdringung widersetzen, heißt nichts Anderes, als die erforderlichen Kräfte aufbieten, um die Durchdringung zu verhindern. So oft also zwei oder noch mehrere Körper nicht länger in ihrem Zustande beharren könnten, ohne sich wechselsweise zu durchdringen, bietet ihre Undurchdringlichkeit jedesmal diejenigen Kräfte auf, welche erforderlich sind, um ihren Zustand in so weit zu verändern, daß keine Durchdringung eintreten kann. In der Undurchdringlichkeit der Körper also liegt der wahre Ursprung der Kräfte, welche beständig den Zustand der Körper in dieser Welt verändern, und dieß ist die eigentliche Lösung des großen Geheimnisses, das den Philosophen so viel zu schaffen gemacht hat [1].

Den 18. November 1760.

Achtundsiebenzigster Brief.

Fortsetzung desselben Gegenstandes; von dem Grundsatz der kleinsten Wirkung.

Ew. H. haben durch die Erklärung des wahren Ursprungs der Kräfte, welche den Zustand der Körper zu verändern vermögen, in der Naturkunde einen großen Schritt vorwärts gethan, und können nun leicht ermessen, warum alle Körper unserer Welt beständiger Veränderung in ihrem Zustande, sowohl in dem der Ruhe als in dem der Bewegung, unterworfen sind. Zunächst ist es gewiß, daß der ganze Weltraum mit Materie angefüllt ist. Wir wissen, daß auf unserer Erde der ganze Raum zwischen den größeren greifbaren Körpern von der Luft eingenommen wird, und daß, wenn man einem beliebigen Raume die Luft entzieht, dieser sogleich vom Aether angefüllt wird, welcher der Luft nachdrängt, sowie endlich, daß derselbe Aether auch den ganzen Raum zwischen den Himmelskörpern ausfüllt. Weil also das All auf diese Weise angefüllt ist, kann unmöglich ein sich bewegender

[1] Euler's Versuch, alle Kräfte der Körper welche die gegenseitige Einwirkung bewirken, aus der Undurchdringlichkeit abzuleiten, mag wohl die Erscheinungen des Stoßes erklären; aber schon die Erklärung der allgemeinen Schwere und die Rolle, welche Euler dabei dem Aether überträgt, ist sehr gekünstelt und unklar; bei manchen andern Erscheinungen aber, an welche Euler wohl nicht gedacht hat, z. B. bei den Erscheinungen der chemischen Verwandtschaft müßte wohl die Theorie ganz scheitern.

Körper diese Bewegung auch nur einen Augenblick fortsetzen, ohne auf andre Körper zu stoßen, durch welche er hindurchgehen müßte, wenn sie nicht undurchdringlich wären. Da nun diese Undurchdringlichkeit der Körper immer und allenthalben Kräfte aufbietet, um jeder Durchdringung vorzubeugen, müssen dieselben Kräfte beständig den Zustand der Körper verändern, und wir dürfen uns daher gar nicht wundern, daß wir fortwährend Veränderungen im Zustande der Körper wahrnehmen, obwohl jeder Körper sich in demselben Zustande zu erhalten strebt. Würden sich die Körper frei durchdringen lassen, so wäre gar kein Hinderniß vorhanden, daß jeder von ihnen beharrlich in demselben Zustande verbliebe; sobald aber die Körper undurchdringlich sind, müssen nothwendig daraus Kräfte entstehen, welche jeder Durchdringung hinlänglich vorbeugen, und diese Kräfte entstehen nur insofern, als es sich darum handelt, die Körper an gegenseitiger Durchdringung zu verhindern. Wenn die Körper in ihrem Zustande beharren können, ohne die Undurchdringlichkeit irgend beeinträchtigen zu wollen, so übt die Undurchdringlichkeit natürlich auch keine Kraft aus und die Körper bleiben wirklich in ihrem Zustande; und die Undurchdringbarkeit tritt nur in Wirksamkeit, wenn der Durchdringung vorgebeugt werden soll, und liefert auch nur die zu diesem Behuf erforderlichen Kräfte. Wenn also eine kleine Kraft hinreicht, um die Durchdringung zu verhindern, so bietet die Undurchdringlichkeit nur diese kleine Kraft auf; so groß aber auch die zur Verhinderung eines Durchdringens erforderliche Kraft seyn mag, so kann die Undurchdringlichkeit sie doch stets aufbieten. Obgleich also die Undurchdringlichkeit diese Kräfte liefert, könnte man doch nicht eigentlich sagen, sie besitze eine bestimmte Kraft, sondern sie vermag vielmehr alle Arten von Kräften, bald große, bald kleine zu liefern, je nachdem die Umstände es erheischen, und ist eine unerschöpfliche Quelle derselben. So lange die Körper Undurchdringlichkeit besitzen, dürfte diese Quelle niemals versiegen; nothgedrungen müssen entweder diese Kräfte in's Leben gerufen werden oder die Körper sich gegenseitig durchdringen, was naturwidrig wäre. Man muß sich aber auch merken, daß diese Kräfte niemals die Wirkung der Undurchdringlichkeit eines einzelnen Körpers, sondern stets das Resultat der Undurchdringlichkeit aller Körper zumal sind, denn wenn auch nur der Eine der beiden Körper durchdringlich wäre, würde die Durchdringung eintreten können, und

es bedürfte keiner Kraft mehr, um den Zustand der Körper zu verändern. Wenn daher zwei Körper so zusammentreffen, daß alle Beide nicht mehr in ihrem Zustande verbleiben können, ohne sich zu durchdringen, so widersetzt sich Beider Undurchdringlichkeit gleichmäßig der Durchdringung, und es wird durch beide gemeinschaftlich diejenige Kraft hervorgebracht, welche die Verhinderung des Durchdringens erfordert: in diesem Falle sagt man: diese beiden Körper wirken auf einander, und die aus ihrer Undurchdringlichkeit entstehende Kraft erzeuge die Wirkung, welche beide auf einander ausüben. Diese Kraft wirkt auch auf beide Körper zugleich, denn, weil sie sich gegenseitig durchdringen möchten, stößt sie Beide zurück, und verhindert dadurch ihre Durchdringung. Es ist also erwiesen, daß die Körper auf einander wirken können, und man spricht so häufig von der Wirkung der Körper auf einander (wie man z. B., wenn auf dem Billard zwei Kugeln zusammenstoßen, sagt, sie wirken auf einander), daß dieser Ausdruck Ew. H. nicht mehr fremd seyn dürfte. Man muß aber wohl merken, daß die Körper im Allgemeinen nur insofern auf einander einwirken, als ihre Undurchdringlichkeit dieß gestattet, und daraus entspringt eine Kraft, welche den Zustand eines jeden Körpers genau nur in soweit zu verändern im Stande ist, als zur Verhütung einer Penetration erfordert wird, so daß eine geringere Kraft zur Erreichung dieses Zweckes nicht genügen würde. Es ist freilich wahr, daß eine größere Kraft die Penetration ebenfalls verhindern würde; sobald aber keine Gefahr vorhanden ist, daß die Körper einander durchdringen, hört auch ihre Undurchdringlichkeit zu wirken auf, woraus abzunehmen ist, daß aus dieser Wirkung nur die allergeringste Kraft entspringt, welche irgend noch die Durchdringung zu verhüten vermag. Wenn aber die Kraft die kleinste ist, muß also auch die Wirkung, welche sie ausübt, d. h. die durch sie bewirkte Veränderung eines Zustandes, die möglichst kleinste seyn, welche noch die Durchdringung verhindern kann, und es entsteht demzufolge, wenn zwei oder mehrere Körper so zusammenstoßen, daß Keiner von ihnen in seinem bisherigen Zustande beharren könnte ohne den andern zu durchdringen, — eine wechselseitige Wirkung, und zwar die möglichst-kleinste, welche die Durchdringung noch zu verhindern vermag. Hierin werden Ew. H. wider Erwarten die Grundlage des so sehr gerühmten und hinwiederum so sehr bestrittenen Systems des verstorbenen

Maupertuis finden. Er geht von dem Grundsatz der kleinsten Wirkung, d. h. davon aus, daß in allen Veränderungen im Gebiete der Natur die Wirkung, welche diese Veränderungen veranlaßt, stets die möglichst kleinste sey. In derselben Weise, wie ich Ew. H. dieses Princip vorgetragen habe, ist es offenbar auch vollkommen in der Natur der Körper selbst begründet, und wer es läugnet, ist sehr im Unrechte; noch weit mehr aber, wer darüber spottet. Ew. H. werden vielleicht schon bemerkt haben, daß manche Personen, welche Herrn v. Maupertuis nicht sonderlich hold sind, keine Gelegenheit versäumen, über den Grundsatz der kleinsten Wirkung und über das Loch bis zum Erdmittelpunkte zu spötteln, allein glücklicherweise leidet die Wahrheit darunter nicht. Den 22. November 1760.

Neunundsiebenzigster Brief.

Ueber die Frage: ob es noch andere Arten von Kräften gebe?

Der auf die Undurchdringlichkeit der Körper gegründete Ursprung der Kräfte, welchen ich Ewr. H. zu erklären die Ehre hatte, widerspricht der Ansicht Derer nicht, welche behaupten, die Seelen der Menschen und Thiere haben eine Fähigkeit, auf ihre Körper zu wirken. Nichts verhindert ja, daß zweierlei Arten von Kräften existiren, welche alle Veränderungen in der Welt verursachen. Die eine Art ist die der körperlichen Kräfte, welche aus der Undurchdringlichkeit der Körper entspringen; die andre die der geistigen Kräfte, welche die Seelen der Thiere auf ihre Körper ausüben: diese Art aber beschränkt sich lediglich nur auf die beseelten Körper, welche der Schöpfer so deutlich von der übrigen Körperwelt unterschieden hat, daß man sie in der Philosophie nicht mit einander verwechseln darf. Was aber die Attraktion anbelangt, insofern man sie für eine innere Eigenschaft der Körper ansieht, so bekommt sie hiedurch freilich einen starken Stoß; denn wenn die Körper nur auf einander einwirken, um ihre Undurchdringlichkeit zu behaupten, so könnte die Attraktion auch nicht von diesem Falle hergeleitet werden. Zwei von einander entfernte Körper können je in ihrem Zustande beharren, ohne daß ihre Undurchdringlichkeit dabei in's Spiel kommt, und es liegt darum auch kein Grund vor, weßhalb der eine auf den andern, und zwar dadurch, daß er diesen anzöge, einwirken sollte.

In jedem Fall müßte die Anziehung zu einer dritten Klasse von Kräften gerechnet werden, welche weder körperliche noch geistige wären. Es läuft aber wider die Regeln einer vernunftgemäßen Philosophie, in diese eine neue Art von Kräften aufzunehmen, bevor deren Vorhandenseyn unwiderlegbar erwiesen ist, und zu diesem Behuf müßte zuvor unläugbar nachgewiesen seyn, daß die Kräfte, womit die Körper sich gegenseitig anziehen, nicht aus der feinen Materie entspringen können, welche alle Körper umgibt. Niemand hat aber bis jetzt noch diese Unmöglichkeit dargethan, und es scheint vielmehr, der Schöpfer habe ausdrücklich alle Räume des Himmels mit einer feinen Materie angefüllt, um jene Kräfte in's Leben zu rufen, welche die Körper gegen einander treiben nach dem Gesetz, welches wir schon oben auf die Undurchdringlichkeit der Körper gegründet haben. In der That könnte ja diese feine Materie leicht eine derartige Bewegung haben, daß ein in ihr befindlicher Körper nicht in seinem Zustande beharren könnte, ohne von ihr durchdrungen zu werden, und in diesem Falle müßte nothwendig eine ähnliche Kraft durch die Undurchdringlichkeit der feinen Materie sowohl als des Körpers selbst erzeugt werden. Wenn auch nur ein einziger Fall in der Welt vorhanden wäre, wo zwei Körper sich anzögen, ohne daß der zwischen ihnen liegende Raum mit einer feinen Materie erfüllt wäre, müßte man die Wirklichkeit der Attraktion zugeben; allein dieser Fall liegt nicht vor, und man darf daher mit Recht daran zweifeln und sie sogar verwerfen. Wir kennen also nur zwei Quellen von allen Kräften, welche diese Veränderungen bewirken, nämlich die Undurchdringlichkeit der Körper und die Einwirkung der Geister. Die Anhänger Wolf's läugnen auch diese letztere und behaupten, kein Geist oder keine körperlose Substanz könne auf einen Körper einwirken; sie kommen jedoch sehr in Verlegenheit, wenn man ihnen erwidert, daß ihrer Behauptung zufolge auch Gott selbst als ein Geist nicht das Vermögen hätte, auf die Körper einzuwirken, was sehr nach Atheismus schmecken würde. Sie haben hierauf auch nur die kalte Antwort: Gott könne vermöge seiner Unendlichkeit auf die Geister wirken; wenn aber ein Geist als solcher nicht auf die Körper wirken kann, so muß dieses Unvermögen nothwendig auch Gott selbst beigemessen werden. Wer könnte ferner läugnen, daß unsre Seele auf unsern Körper einwirkt? Ich bin dergestalt Herr meiner Glieder, daß ich sie nach meinem Gutdünken in Bewegung setzen kann. Das-

selbe läßt sich auch von den Thieren sagen, und wie man mit Recht über Descartes' Ansichten spottet, der die Thiere für Maschinen, den Uhren ähnlich, ohne die mindeste Empfindung erklärt, so machen die Anhänger Wolf's aus dem Menschen selbst bloße Maschinen.

Ja, diese Philosophen gehen in ihrer Spekulation so weit, daß sie sogar die erste Art von Kräften, von welchen sie noch gar nichts wissen, läugnen. Weil sie nämlich nicht begreifen können, wie ein Körper auf den andern wirkt, läugnen sie kühn die Wirkung davon und behaupten, alle Veränderungen, welche einem Körper begegnen, werden von den diesem Körper eigenen Kräften verursacht. Auch sind sie dieselben Philosophen, welche, wie ich Ewr. H. schon bemerkt habe, das erste Princip der Mechanik über das Beharren in demselben Zustande läugnen, was schon hinreicht, um ihr ganzes System über den Haufen zu werfen. Der Grund ihrer Irrthümer liegt, wie ich schon gesagt habe, darin, daß sie aus den Erscheinungen, welche wir an den Körpern dieser Welt wahrnehmen, von Anbeginn falsche Schlüsse gezogen haben. Daraus, daß wir fast alle Körper fortwährend ihren Zustand verändern sehen, haben sie voreilig geschlossen, daß alle Körper in sich selbst Kräfte besitzen, durch welche sie unaufhörlich ihren Zustand zu verändern streben; anstatt daß sie hieraus gerade das Gegentheil hätten schließen sollen. So geräth man durch eine nur oberflächliche Betrachtung gewisser Dinge in die gröbsten Irrthümer. Ich habe Ewr. H. schon einmal das Irrthümliche dieses Schlusses bemerklich gemacht; nachdem jene aber einmal diesen Fehler begangen hatten, verfielen sie auf die ungereimtesten Ansichten; erstens verlegten sie diese inneren Kräfte in die ersten Elemente der Materie, die, ihrer Ansicht zufolge, fortwährend ihren Zustand zu verändern streben; und daraus schlossen sie, daß alle Veränderungen, denen jedes Element unterworfen ist, durch dessen eigene Kraft hervorgebracht werden, und daß zwei Elemente oder einfache Wesen nicht auf einander einwirken könnten. Nach dieser Voraussetzung mußten sie, da die Geister auch einfache Wesen sind, diesen alle Kraft, auf die Körper zu wirken, absprechen, obwohl sie doch Gott hievon ausnehmen. Weil ferner die Körper aus einfachen Wesen zusammengesetzt sind, mußten sie ebenfalls läugnen, daß die Körper auf einander wirken können. Vergebens hält man ihnen den Fall mit den Körpern entgegen, welche an einander stoßen und

in Folge dessen ihren Zustand verändern; sie sind allzu hartnäckig für die Richtigkeit ihrer Schlüsse eingenommen, als daß sie von diesen abgiengen; sie behaupten lieber, jeder Körper bewirke kraft seiner eigenen Natur die Veränderung, welche mit ihm vorgehe, und der Stoß habe damit nichts zu schaffen; sie nennen es eine bloße Illusion, was uns den Stoß für die Ursache dieser Veränderung ansehen läßt. Aus diesem Grunde prahlen sie auch sehr mit der Erhabenheit ihrer Philosophie, welche das gemeine Volk nicht verstehen könnte. Aber Ew. H. sind nun im Stande, ein triftiges Urtheil hierüber zu fällen.[1]

Den 25. November 1760.

[1] Hiemit schließt der erste Theil der Original-Ausgabe von Euler's Lettres; der zweite oder eigentliche philosophische Theil derselben wurde aus dieser neuen Ausgabe weggelassen, was der Urheber derselben für gerechtfertigt hält, wenn er zu bedenken gibt, wie wenig Euler's philosophischer Standpunkt dem heutigen dieser Wissenschaft entspricht, und wie jener uns gewissermaßen schon historisch zu ferne liegt, um allgemeineres Interesse zu haben. Auch ist nebenbei nicht zu läugnen, daß gerade dieser philosophische Theil der schwächste des Buches, und die Philosophie überhaupt nicht das Gebiet ist, auf welchem Euler sich mit Auszeichnung hervorthat.